EXPEDITION ZUR ERFORSCHUNG DER LIBYSCHEN WÜSTE UNTER DEN AUSPICIEN SR...

Gerhard Rohlfs, Paul Ascherson, Wilhelm Jordan, ...

EXPEDITION

ZUR

ERFORSCHUNG DER LIBYSCHEN WÜSTE

UNTER DEN AUSPICIEN

SR. HOHEIT DES CHEDIVE VON AEGYPTEN

ISMAIL

IM WINTER 1873—74 AUSGEFÜHRT

VON

GERHARD ROHLFS.

ZWEITER BAND

PHYSISCHE GEOGRAPHIE UND METEOROLOGIE

BEARBEITET VON **W. JORDAN,** MITGLIED DER EXPEDITION.

CASSEL.

VERLAG VON THEODOR FISCHER.

1876.

PHYSISCHE GEOGRAPHIE

UND

METEOROLOGIE

DER

LIBYSCHEN WÜSTE

NACH BEOBACHTUNGEN, AUSGEFÜHRT IM WINTER 1873—74 AUF DER

ROHLFS'SCHEN EXPEDITION,

BEARBEITET VON

DR. W. JORDAN

PROFESSOR DER VERMESSUNGSKUNDE AM GROSSH. POLYTECHNICUM ZU KARLSRUHE
MITGLIED DER EXPEDITION

MIT 4 GEOGRAPHISCHEN KARTEN UND 3 METEOROLOGISCHEN TAFELN.

CASSEL.
VERLAG VON THEODOR FISCHER.
1876.

a.

9489.

Vorwort und Einleitung.

Am 4. October 1873 erhielt ich von Herrn Hofrath Dr. Rohlfs in Weimar eine Aufforderung zur Theilnahme an der von ihm unternommenen Expedition in die libysche Wüste. Obgleich ich aus wissenschaftlichem Interesse an einer solchen Entdeckungsreise sofort meine Betheiligung zusagte, konnte ich doch aus verschiedenen Gründen erst am 15. October mich nach Weimar begeben, um die nöthigen Aufschlüsse über die mir gestellte Aufgabe zu erhalten.

Ich erfuhr, dass meine Hauptaufgabe in der Höhenbestimmung des zu erforschenden Gebietes bestehen solle. Die Abreise war bereits auf den 15. November festgesetzt, weshalb die wissenschaftliche Ausrüstung in aller Eile und ohne grossen Geldaufwand zu beschaffen war. Einen Theodolit mit Bussole, zu astronomischen und terrestrischen Messungen der verschiedensten Art eingerichtet, fertigte in wenigen Wochen Herr Mechaniker Sickler von Karlsruhe, einen Taschenchronometer erhielt ich durch Vermittlung von Herrn Professor Zech in Stuttgart von Herrn Uhrmacher Kutter daselbst, einen Sextanten besass ich selbst, einige Federbarometer konnten aus der mir unterstellten Sammlung des Karlsruher Polytechnikums mitgenommen werden, während das einzige hier verfügbare Quecksilberbarometer dienstunfähig war; an dessen Stelle erhielt ich jedoch durch Vermittlung von Herrn Professor Schoder in Stuttgart von Herrn Mechaniker Mollenkopf daselbst, noch wenige Tage vor der Abreise ein Quecksilber-Reisebarometer. Einige Thermometer, Maassstäbe, Taschencompass etc. vollendeten die wissenschaftliche Ausrüstung, so weit ich selbst dafür zu sorgen hatte; weitere meteorologische Instrumente hatte bereits Herr Hofrath Rohlfs beschafft, sowie auch ein Messrad.

Als Gehülfen und Diener, dessen Mitnahme von Herrn Hofrath Rohlfs bewilligt wurde, gelang es mir, einen sehr tüchtigen Mann, Jakob Morlock von Mühlburg, anzuwerben, welcher, so lang er mich begleiten konnte, sehr nützliche Dienste geleistet hat.

Nachdem mir von dem Grossh. bad. Ministerium des Innern in liberalster Weise Urlaub auf ein halbes Jahr verwilligt war, und die neben vielen anderen Vorbereitungen knapp zugemessene Zeit zur Untersuchung des Chronometergangs und zur Vergleichung der meteorologischen Instrumente benützt war,

reiste ich am 16. November von Karlsruhe ab*) und traf am 17. November in München mit der Mehrzahl der Expeditionsmitglieder zusammen, welche alle sich jedoch erst am 29. November in Alexandrien vereinigten, nämlich: Hofrath Dr. Rohlfs von Weimar, Expeditionshaupt, Geograph und Ethnograph, Professor Dr. Zittel von München, Geologe und Paläontologe, Professor Dr. Ascherson von Berlin, Botaniker, Professor Dr. Jordan von Karlsruhe, Geodät, Ph. Remelé von Gastendonk, Photograph; ausserdem fünf deutsche Diener.

Am 5. December hatte ich in Kairo die Freude, eine vollkommen organisirte meteorologische Station unter Leitung des khedivischen Astronomen Ismael-Bey zu finden, von welcher correspondirende Beobachtungen während der Dauer der Expedition zu erwarten waren (S. 101).

Ein zweiter Gelehrter von Kairo, Mahmud-Bey, konnte Auskunft über die neueren egyptischen Nivellements geben (S. 170).

Ein ähnlicher wissenschaftlicher Gewinn wurde in Siut, dem Ausgangspunkt der Expedition, gemacht, als daselbst am 12. December Mr. Rev. Hogg, Director der amerikanischen Missionsschule, auf unseren Wunsch sich entschloss, während der Dauer der Expedition täglich drei mal Barometer- und Thermometerablesungen zu machen (S. 101).

An dem Landungsplatz Hamrah bei Siut begann ich mit astronomischer Ortsbestimmung.

Am 17. December verliessen wir den Dampfer, der uns nach Siut gebracht hatte, und am 18. begann die eigentliche Expeditionsreise. Die Caravane zog zuerst nilabwärts nach Maragh, wo sie sich am 20. December aufhielt und gieng von da westwärts nach Farafrah, mit $\frac{1}{2}$ Tag Aufenthalt am 28. December am Bir-Keraui. Am Abend des 30. December kamen wir nach Farafrah, von wo am 3. Januar Morgens wieder aufgebrochen wurde; am Abend des 7. Januar gelangte die Caravane nach Gassr-Dachel.

Ich hatte mich auf diesem ganzen Weg und in Farafrah mit astronomischer Ortsbestimmung, Itineraraufnahme, barometrischer Höhenmessung und allgemeinen meteorologischen Aufzeichnungen, sowie Aufnahme der Gebirge und der übrigen grösseren topographischen Objecte beschäftigt. Die topographischen Details und deren Namen wurden von Herrn Hofrath Rohlfs, welcher der arabischen Sprache vollkommen kundig ist, aufgezeichnet.

In gleicher Weise beschäftigte ich mich in Dachel vom 8.—15. Januar, auch wurde in dieser Zeit die auf S. 72—75 erwähnte trigonometrisch-photographische Aufnahme in Gemeinschaft mit Herrn Remelé gemacht, worauf ich den Auftrag erhielt, mit einer detaschirten Caravane nach Westen vorzugehen.

Das Quecksilberbarometer liess ich in der Verwahrung Herrn Remelé's in Dachel zurück (vgl. S. 95), was ich später in Siuah, dessen Erreichung ursprünglich gar nicht beabsichtigt war, sehr zu bereuen hatte.

Bei dem Vormarsch nach Westen handelte es sich darum, Wasser, Lebensmittel und Kameelfutter als Vorrath für die später nachrückende Hauptcaravane, deren Ziel die Oase Kufrah sein sollte, möglichst weit vorwärts zu schaffen. Der Instruction gemäss legte ich das erste Depot schon nach zwei Tagen an auf dem Punkte „Einsiedel I". Ich verweilte dort vom Vormittag des 18. Januar bis zum Morgen

*) Unter Verweisung auf den erzählenden Theil dieses Werkes gebe ich einen geschichtlichen Ueberblick über den Verlauf der Expedition nur so weit, als derselbe zum Verständniss der Anordnung meiner Messungen nöthig ist.

des 21. Januar, nachdem die Caravane zurückgeschickt war. Mit der am Abend des 20. Januar angelangten Nachschubscaravane gieng ich weiter bis „Einsiedel II", schickte zum zweiten Mal die Kameele zurück und benützte den Aufenthalt wie im ersten Falle zur Ortsbestimmung und zu meteorologischen Aufzeichnungen, sowie am 25. Januar zur Recognoscirung der westlich gelegenen Dünen, hinter denen sich, in der Gegend Sersurah, einige als Kameelweide verwerthbare Vegetation fand. Mit Professor Zittel, welcher an der Spitze einer Nachschubscaravane in Einsiedel II am Nachmittag des 25. Januar anlangte, zog ich am 26., 27. und 28. Januar weiter bis „Regenfeld", wo hohe und ausgedehnte Dünen den Weitermarsch hemmten.

Auf dieser ganzen 186 Kilometer langen Strecke war unser Weg für die Nachfolger durch einzelne Steinzeichen („Allem") bezeichnet worden. Die südwestliche Richtung dieses Weges lag nicht in dem ursprünglichen Plane, ich hatte vielmehr die Instruction erhalten, gerade aus nach Westen zu marschiren, allein $1^3/_4$ Stunden westlich von Einsiedel I war ich auf mehrere, zweifellos von Menschenhand gesetzte alte Wegzeichen gestossen, die ich für Reste einer früher vielfach vermutheten alten Kufrahstrasse halten musste. Diese Spuren einer alten Strasse, denen sich zwischen den Dünen westlich von Einsiedel II noch 2 Topfscherben zugesellten, hatten die Richtung bis über die krautreiche Gegend von Sersurah hinaus vorgezeichnet, und erst als sie am 27. Januar in dem zerklüfteten Felsboden gänzlich verloren giengen, nahmen wir am 28. Januar die Westrichtung wieder auf. In Regenfeld sandten wir alle Kameele mit den Eingeborenen zurück, Rohlfs entgegen, und warteten vom Abend des 28. Januar an auf dessen Ankunft, welche am Nachmittag des 2. Februar erfolgte. Ein, zu allgemeiner Ueberraschung am 3. und 4. Februar gefallener Regen lieferte den Namen „Regenfeld" für diese Station.

Nachdem Recognoscirung der westlich in's Endlose ausgedehnten hohen Dünen, deren Kämme die Streichungsrichtung NNW einhielten, die Unmöglichkeit des weiteren Vordringens nach Westen bewiesen hatte, wurde beschlossen, mit Verzicht hierauf nach NW abzuschwenken, was am Morgen des 6. Februar geschah. Ich hatte mich während des 8-tägigen Aufenthaltes an diesem Ort, mitten in ganz vegetationsloser Wüste, ausser mit Ortsbestimmung hauptsächlich mit meteorologischen Beobachtungen beschäftigt.

Auf dem pfadlosen Marsch von Dachel über Regenfeld nach Siuah war die Ortsbestimmung von besonderer Wichtigkeit. Die Breite war immer jedenfalls auf 1′ genau bekannt; in Betreff der Längen lässt der ganze Verlauf der entgültigen Längenberechnung S. 22—64 erkennen, dass auf der Reise selbst die absoluten Längen nur näherungsweise bekannt waren, dagegen konnten wenigstens die relativen Längen gegen die Oasen durch das Itinerar mit Zuziehung der controlirenden Breiten immer so genau angegeben werden, als es das praktische Bedürfniss verlangte.

Die mathematische Orientirung in der Wüste, im Princip mit der Führung eines Schiffes auf hoher See identisch, ist mit geringeren Mitteln viel sicherer zu erzielen als die letztere, obgleich das Einhalten eines bestimmten Curses zu Lande schwieriger ist als zur See, nämlich weil die Hauptfeinde der einfachen Schiffsrechnung, Meeresströmung und Abtrift zu Lande nicht vorhanden sind.

Das Itinerar des nahezu 700 Kilometer langen pfadlosen Marsches von Dachel über Regenfeld nach Siuah schloss sehr gut an, ich hatte am Tage vor dem ersten Auftauchen von Siuah den Itinerarfehler in Breite auf $^1/_2$ Wegstunde und in Länge auf $^1/_2$ Tagreise geschätzt, doch stimmte auch die Länge auf wenige Kilometer. Das letztere ist als ein glücklicher Zufall zu betrachten, denn da in der definitiven Berechnung sich Siuah zweifellos um eine Tagereise westlicher liegend fand, als die frühere Karte

angenommen hatte (vgl. S. 65—67), so hätte wohl ein Anschlussfehler von 1—2 Tagereisen in west-östlicher Richtung vorkommen können.

Die lokale Orientirung wurde nach dem Auftauchen des Felsrandes von Siuah von Herrn Hofrath Rohlfs, der schon im Mai 1869 dort gewesen war, sofort zweifellos gewonnen.

Auf dem ganzen 14-tägigen Marsch von Regenfeld bis Siuah, fast ganz im Sandmeer, zwischen Dünen, deren Höhe theilweise über 100 Meter beträgt, war ausser den unter 26° Breite getroffenen „Ammonitenbergen", welche in die Verlängerung des westlichen Randgebirges von Farafrah fallen, kein bedeutendes geographisches Object zu verzeichnen; vom 10.—14. Februar war keine Spur von festem Boden zu sehen. Am 12. Februar wurde Rasttag gemacht (Station Sandheim), den ich, wie früher, zu einer durchlaufenden Reihe meteorologischer Beobachtungen benutzte.

Auch während des 4-tägigen Aufenthaltes in Siuah vom 21.—24. Februar beschränkte sich meine wissenschaftliche Thätigkeit fast ganz auf Ortsbestimmung und Meteorologie, namentlich fortgesetzte Barometerablesungen, zu denen aber leider kein Quecksilberbarometer vorhanden war, weil dasselbe in Dachel geblieben war (vgl. S. 95), es haftet deshalb den Barometerbeobachtungen von Siuah eine constante Unsicherheit, die etwa zu $\pm 1^{mm}$ zu schätzen ist, an (vgl. S. 98).

Die Weiterreise von Siuah bis zu dem Sittrah-See (25. Februar bis 1. März) war in geographischer Beziehung sehr interessant, am 27. Februar erreichten wir den tiefsten Punkt des Depressionsgebietes, nämlich die unbewohnte Oase Aradj mit -70^{m} Meereshöhe.

Am Morgen des 2. März trennten wir uns, Rohlfs und Zittel giengen quer durch die pfadlose Wüste, lediglich dem Compass folgend, nach Farafrah, während ich den Auftrag erhielt, in Begleitung zweier Eingeborener, mit denen ich mich nothdürftig arabisch zu verständigen gelernt hatte, den weiteren Weg über die Oase Beharieh, woselbst ich mich vom Nachmittag des 6. bis zum Morgen des 8. März aufhielt, einzuschlagen (vgl. Tafel VII). Am 11. März Abends in Farafrah angelangt, traf ich die Collegen nicht mehr an, sondern die Instruction, rasch nach Dachel nachzufolgen, wohin Zittel direct, Rohlfs auf dem Umweg über Schech-Mursuk vorangegangen war. An dem aus mehreren Gründen nöthigen Rasttag vom 12. März in Farafrah erhielt ich, weil Farafrah ein Knotenpunkt des Itinerars wurde, einen für die Längenberechnung wichtigen Chronometerabschluss.

Am Morgen des 16. März traf ich in Dachel wieder mit den Freunden zusammen, worauf es natürlich mein erstes war, wieder Vergleichung der Federbarometer mit dem unversehrt und luftfrei aus Herrn Remelé's Verwahrung zurückerhaltenen Quecksilberbarometer zu machen; auch wurde hier ein zweiter Chronometerabschluss erreicht.

Von Dachel an fand keine Trennung der Expeditionsmitglieder mehr statt, der allgemeine Aufbruch erfolgte am 18. März Morgens.

Bei dem Aufenthalt in Chargeh am 24. und 25. März trafen wir mit Herrn Dr. Schweinfurth zusammen, welcher den Winter zu allseitiger Erforschung dieser Oase verwendet hatte. Derselbe stellte später die Resultate seiner ausgezeichneten Aufnahme der Oase zur Veröffentlichung in diesem Werke zur Verfügung (vgl. S. 76 und 201).

An Schweinfurth wurde hier das Federbarometer Chevallier abgegeben (S. 94), nachdem es un-

mittelbar vorher controlirt worden war, und es sind damit bald darauf die Beobachtungen zu den Höhen bei Beris und zwischen Chargeh und Girgeh von Schweinfurth gemacht worden.

Ein 6-tägiger Marsch vom 26.—31. März brachte uns von Chargeh nach Esneh, und damit die Expedition zum Abschluss.

Den 5-tägigen Aufenthalt in Esneh vom 1.—5. April benützte ich zur Ortsbestimmung und Messung eines Nilprofils (S. 207).

Zur Nilfahrt von Esneh bis Siut brauchten wir wegen beständigen Nordwindes (einschliesslich der Aufenthalte in Luxor etc.) die Zeit vom 5. April Abends bis 13. April Morgens, ein kurzer Aufenthalt in Hamrah bei Siut am 13. April reichte gerade hin zur Ortszeitbestimmung für den Chronometerabschluss, während ich das Aneroid Secretan, welches am 12. December hier für Mr. Hogg zurück gelassen worden war; (vgl. S. 101 und 94), nicht mehr selbst bei demselben abholen und zugleich mit dem Quecksilberbarometer vergleichen konnte, letzteres geschah erst am 16. April in Kairo.

Mit der an diesem Tage bei Ismael-Bey auf der Sternwarte Abbasie vorgenommenen zweiten Vergleichung aller Barometer mit dem Kairoer Stationsbarometer und einigen damit in Verbindung stehenden Ermittelungen war die Arbeit auf afrikanischem Boden abgeschlossen.

Nach der am 3. Mai erfolgten Rückkunft nach Karlsruhe wurde die auf S. 77—92 behandelte systematische Untersuchung aller von der Expedition zurückgebrachten meteorologischen Instrumente und einige ähnliche Untersuchungen begonnen.

Auf der Expedition selbst und namentlich bei der Verarbeitung ihrer Resultate wurden verschiedene allgemeine Erfahrungen gemacht, welche hier mitzutheilen geboten scheint:

Was die wissenschaftliche Ausrüstung betrifft, so wird an derselben nichts Wesentliches vermisst werden, doch fand ich später, dass es von sehr grossem Werth gewesen wäre, wenn ich statt des Sextanten einen grossen Prismenkreis für Monddistanzen, sodann einen zweiten Chronometer und ein zweites Quecksilberbarometer besessen hätte.

Ein Theodolit wird häufig neben dem Prismenkreis mit Horizont zu geographischen Aufnahmen nicht mitgenommen, allein ich halte ihn für das wichtigste Instrument hiefür. Wenn man auch Höhen von Gestirnen in vielen Fällen mit dem Sextanten eben so gut messen kann als mit dem Theodolit, so hat doch letzterer ausser der Bequemlichkeit bei der Messung den bedeutenden Vorzug, dass man damit Polarsterne in der Dämmerung auffinden und ohne Lampenbeleuchtung beobachten kann, auch ist jedenfalls zur Bestimmung der magnetischen Declination ein Instrument mit fester Horizontalstellung unentbehrlich; sehr oft kann man wichtige Punkte durch eine kleine Triangulirung festlegen, und endlich sind die terrestrischen Höhenwinkel, welche der Theodolit ohne Mühe in grosser Zahl liefert, sehr werthvoll. Auch das Theodolitstativ ist nicht, wie oft gefürchtet wird, eine beschwerliche Last, sondern ein äusserst nützliches Geräthe für alle möglichen Zwecke, z. B. Aufhängen der meteorologischen Instrumente.

Als Reisekoffer erhielt jedes Expeditionsmitglied vor der Abreise von Herrn Hofrath Rohlfs zwei besonders für den Kameeltransport eingerichtete hölzerne Kisten von je $^1/_8$ Cubikmeter Fassungsraum zugeschickt; und ich bestrebte mich, die Ausrüstung so einzurichten, dass auf der Wüstenreise alle kleineren persönlichen und wissenschaftlichen Bedürfnisse (nämlich ausgenommen Zelt, Feldtisch, Theodolitstativ,

Matraze und Teppich) darin Platz finden sollten; auf dem grössten Theil der Expedition war dieses auch der Fall, doch hätten mehrere wissenschaftlich nützliche Gegenstände, welche ich wegen solcher Rücksicht leider zu Hause liess, wohl auch noch Unterkunft gefunden, da es auf einige Kilogramm Last mehr oder weniger meistens nicht ankam.

Von allen Methoden der absoluten Längenbestimmung ist in unserem Falle nur die der Monddistanzen benützt worden; es ist zwar auf der Station Einsiedel II eine Anzahl correspondirender Mondhöhen gemessen, allein wegen einer nicht aufzuklärenden Unsicherheit in den zugehörigen Sonnenhöhen (die übrigens für alle anderen Zwecke noch genügend genau sind) mussten diese Mondhöhen von der definitiven Längenberechnung ausgeschlossen werden.

Zur Längenberechnung aus Mondhöhen dürfte sich am meisten die von Radau angewendete Methode empfehlen (vgl. Vierteljahrsschrift der astr. Gesellschaft X [1875] S. 44), wobei übrigens zu bemerken ist, dass die Ephemeride mit wesentlich kleinerem Intervall angelegt werden muss, als Radau angibt. Die Grunert'schen Formeln für Mondhöhen (Astr. Nachr. 18. Band [1841] S. 343) sind für numerische Rechnung nicht geeignet. (Die Vortheile, die man erreicht, wenn man den Mond und einen Stern entweder in gleicher Höhe oder in gleichem Azimuth beobachtet, sind natürlich von der Art der Berechnung unabhängig.)

Eine höchst einfache Berechnung correspondirender Mondhöhen, welche zwar bei sehr ungleichförmiger Mondbewegung nicht mehr in aller Strenge ausreicht, aber jedenfalls zur vorläufigen Berechnung auf der Reise oder zur Gewinnung einer ersten Näherung für andere Methoden zu empfehlen ist, erhält man in folgender Weise:

Wir setzen voraus, dass man die mittleren Ortszeiten C_1 und C_2 für correspondirende Mondhöhen (oder auch Orts-Sternzeiten) sowie die genäherte Länge kennt. Allerdings muss man vor und nach der Culmination verschiedene Mondränder beobachten, doch kann man die betreffenden Höhen durch Anbringen der Mondhalbmesser mit Rücksicht auf Vergrösserung durch Parallaxe und Verkürzung durch Refraction nach den für Monddistanzen üblichen Tafeln auf scheinbare Mittelpunktshöhen reduciren und dann (nöthigenfalls mit Rücksicht auf die Verschiedenheit der Refractionen) die Zeiten C_1 und C_2 für correspondirende Höhen durch Interpolation bestimmen; die Parallaxe selbst braucht man nicht zu berechnen. Dann hat man wie bei correspondirenden Sonnenhöhen die Aenderung des Stundenwinkels des Mondes:

$$\Delta t = \frac{\Delta \delta}{15} \left(\frac{\tang \varphi}{\sin t} - \tang \delta \cotang t \right)$$

auf Glieder von der Ordnung $(\Delta \delta)^2$ einschliesslich genau. Dabei ist δ die Declination des Mondes für das arithmetische Mittel der Beobachtungszeiten, $\Delta \delta$ die Declinationsänderung während der Zwischenzeit und φ die Breite des Orts. Der mittlere Stundenwinkel t des Mondes findet sich aus:

$$2t = C_2 - C_1 + \Delta (C_2 - C_1) - (\alpha_2 - \alpha_1)$$

wobei $\Delta (C_2 - C_1)$ der Zuschlag für die Verwandlung von $C_2 - C_1$ Sonnenzeit in Sternzeit und $\alpha_2 - \alpha_1$ die Rectascensionsänderung des Mondes ist. Dann hat man die Ortszeit C der Mondculmination:

$$C = \frac{C_1 + C_2}{2} - \left(\frac{\Delta t}{2} + \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} - \alpha_{\frac{1}{2}}\right)\frac{C_2 - C_1}{2t}$$

wobei noch $\alpha_{\frac{1}{2}}$ die Rectascension des Mondes für die Zeit $\frac{C_1 + C_2}{2}$ ist. Damit ist Alles bestimmt.

Wenn man zur Ortszeitbestimmung kurz vor oder nachher correspondirende Sonnen- oder Sternhöhen misst (und zwar eben so genau wie die Mondhöhen), so nimmt die ganze Operation einen erwünschten gleichförmigen Charakter an.

Da man bei der Methode der Mondhöhen nicht nur diese Mondhöhen selbst, sondern auch eine gleiche Anzahl Sonnen- oder Sternhöhen genau zu messen hat (während zur Ortszeit für Monddistanzen nur Genauigkeit auf 1—2ˢ nöthig ist), da die strenge Berechnung der Länge aus Höhen mühsamer ist als die Berechnung aus Distanzen und da jedenfalls die Eigenbewegung des Mondes auch unter niederen Breiten durch Höhen nicht günstiger verwerthet werden kann als durch Distanzen (der von Radau hervorgehobene Umstand, dass man über dem künstlichen Horizont die doppelten Mondhöhen messen kann, dürfte doch wohl durch Fehler des Horizontes selbst aufgewogen werden), so fällt die Vergleichung zu Gunsten der Distanzenmethode aus, welche auf Reisen als die handlichste aller Mondmethoden wohl immer den Vorrang behalten wird.

Aus unseren Monddistanzenberechnungen S. 22—44 geht hervor, dass die Instrumentenfehler gegenüber den unregelmässigen Beobachtungsfehlern ganz bedeutend in den Vordergrund treten; bei Anwendung eines Prismenkreises statt eines Sextanten wäre das zwar weniger der Fall, man könnte aber auch den Prismenkreis noch verbessern, wenn man das Prisma auf der Alhidate drehbar machte. Da man sich auf die Constanz des Indexfehlers während einer Beobachtungsreihe doch nicht sicher verlassen kann, würde man mit einem solchen Instrument jede Distanz 6—12 mal an verschiedenen Stellen des Kreises messen und dürfte dann auf die Elimination der Theilungsfehler mit derselben Sicherheit wie bei Theodolitmessungen rechnen.

Bei Anwendung eines so modificirten Instrumentes würde auch die Forderung, Sterne links und rechts vom Monde möglichst symmetrisch zu nehmen, überflüssig werden, was namentlich mit Rücksicht auf die bei Tage messbaren und auch wegen der schärferen Berührung vorzuziehenden Sonnen-Mond-Distanzen von Wichtigkeit ist.

Am 30. Januar trat der seltene Fall ein, dass vom III. Jupiterstrabanten der Eintritt und der Austritt in den Jupitersschatten bei Nacht erfolgte, weshalb ich hoffte, obgleich auf solche Beobachtungen nicht eingerichtet, mit dem kleinen Theodolitfernrohr (S. 1), welches in der klaren Wüstenluft die Trabanten sehr scharf zeigte, eine gute Längenbestimmung zu erhalten, doch wurde diese Hoffnung durch den auf S. 150 erwähnten Sandsturm vereitelt.

Eben so wenig konnten mit dem kleinen Theodolitfernrohr Mondbedeckungen beobachtet werden. Ein grösseres zu diesem Zwecke mitgenommenes Fernrohr würde die Mühe des Transports wohl lohnen. (Es könnte seinen Platz im Theodolitstativ finden.)

Die Chronometerresultate sind für eine Wüstenreise befriedigend. Mit 4—6 Instrumenten wie das unserige, welche nur Anschaffungskosten, aber keine Beschwerden auf der Reise verursachen, dürfte man hoffen, auf einer mehrmonatlichen Reise brauchbare Resultate ohne Mondbeobachtungen zu erzielen.

Wenn ich nicht schon durch die ersten Chronometerresultate zu der Hoffnung berechtigt gewesen wäre, dass nach dem Polygonabschluss der Chronometer wesentlich zur Längenbestimmung mitwirken werde, würde jedenfalls noch eine grössere Zahl von Monddistanzen gemessen worden sein. Beim Anblick der Tabelle der Ortszeiten S. 10 bedaure ich, ausser den correspondirenden Sonnenhöhen nur in wenigen Fällen Sonnen- oder Sternhöhen in der Nähe des ersten Verticals für Ortszeit genommen zu haben; da aber auf den Lagerplätzen die kurze Abend- und Morgenzeit ausser wissenschaftlicher Thätigkeit durch Auf- und Abschlagen des Zeltes und ähnliche Handtirungen in Anspruch genommen war, liess sich hier ausser der Breitenbestimmung selten noch eine andere astronomische Messung machen.

Obgleich die auf S. 1 beschriebene einfache Vorrichtung zur Beleuchtung des Fadenkreuzes nichts zu wünschen übrig lässt, sind doch natürlich alle Nachtbeobachtungen mit dem Theodolit im freien Feld bei mangelhafter Lampenbeleuchtung, wozu ein Gehülfe erforderlich ist, sehr unbequem. Ein gewöhnlicher Glashorizont zeigt im Sextantenfernrohr nur hochstehende und sehr helle Sterne, weshalb bei Nacht eine planparallele Glasplatte mit Metallbeleg auf der Unterseite besser ist. Hat man einen solchen oder einen allerdings weniger handlichen Quecksilberhorizont, so sind bei Nacht Höhenmessungen mit dem Sextanten bequemer als mit dem Theodolit. Am wenigsten Umstände von allen Nachtbeobachtungen verlangen Monddistanzen, ich machte dieselben häufig ausserhalb des Zeltes ohne Lampenbeleuchtung und brachte die zum Eintreten in das Zelt, woselbst die Lampe sich befand, erforderliche Zeit von 1—2 Sekunden beim Ablesen des Chronometers nach Schätzung in Abzug. Daher stammt der auf S. 32 unten erwähnte Mangel der Ortszeit in zwei abnormen Fällen. Die Aenderungsgeschwindigkeit der Distanzreduction, welche hiebei in Frage kommt, hängt von sehr vielen Umständen ab, bei der auf S. 32 beschriebenen Art der Berechnung ergab sich diese Geschwindigkeit nebenbei, sie betrug im Mittel 9″ und im Maximum 15″ in der Minute. Die zweiten Differenzen der Distanzreduction sind immer so klein, dass man während 10—15 Minuten alle Messungen in ein Mittel vereinigt behandeln kann. Hiebei ist vorausgesetzt, dass kleine Höhen unter 5° ausgeschlossen bleiben.

Für Itinerar und Topographie wäre ausser dem Taschencompass und der grossen, mit dem Theodolit verbundenen Bussole als Zwischenglied eine Bussole von etwa 7^{cm} Durchmesser, mit Dioptern versehen, auf einem starken Stock zu gebrauchen (den man beständig als Gehstab, als Werkzeug oder nöthigenfalls als Waffe bei sich tragen kann), für ähnliche Zwecke zu empfehlen, und zwar mehr als eine Bussole mit Prismenablesung. Man kann den von freier Hand nach dem Taschencompass genommenen Peilungen, welche allerdings zu Kameel oder zu Pferd das einzige Mittel der Richtungsbestimmung sind, nur Sicherheit von 10—20° zuschreiben und bei der Kartenconstruction findet man, dass für fernere Objecte eine geringe Zahl von Peilungen mit festgestellter Bussole (auf 1—2° genau), viel mehr werth sind, als ganze Reihen von Peilungen, die man von freier Hand genommen hat.

Dass die Itinerarführung nach Compass und Marschzeit bei rationeller Behandlung einer grossen Genauigkeit fähig ist, lässt sich aus den Angaben von S. 49—54 erkennen. Die Ansichten hierüber sind noch sehr getheilt, weil zwischen Itinerar und Itinerar allerdings ein grosser Unterschied ist. Grössere Reisen nur durch Itinerare festzulegen, ist nicht zu empfehlen, weil die astronomische Messung geographischer Breiten so einfach ist, dass jeder Reisende, der so weit gebildet ist, dass er in irgend welchem Zweig der Naturwissenschaften mit Erfolg thätig sein kann, in 8—14 Tagen die nöthigen Operationen an einem einfachen Instrument erlernen kann, während allerdings es in vielen Fällen gerathen sein wird, auf

astronomische Längenbestimmung ganz zu verzichten. Ein Messrad (S. 56) trägt wesentlich zur Itinerarversicherung bei. Ein Reisender, der sich auf Itinerare und Breiten beschränkt, hätte an astronomischen Messungen nur noch auszuführen die Bestimmung der magnetischen Declination durch Peilung der auf- und untergehenden Sonne, und der Ortszeit (für meteorologische Aufzeichnungen) ebenfalls durch Notirung des Auf- und Untergangs der Sonne, oder bequemer noch durch Benützung einer Tafel der Tageslängen (S. 99). Damit wird auch eine Sonnenuhr entbehrlich. In ähnlicher Weise liesse sich auch eine Tafel der Azimuthe der auf- und untergehenden Sonne berechnen.

Die Itinerare zu berechnen (S. 47—54) und sich nicht auf die Aufzeichnung nach Transporteur und Maassstab zu beschränken, wird sich bei grösseren Reisen immer lohnen; bedenkt man, dass zur scrupulösesten Berechnung eines Itinerares von 20 Tagen nicht mehr Zeit erforderlich ist, als zur Berechnung der astronomischen Beobachtungen eines einzigen Tages, so wird man die Itinerarberechnung nicht umgehen. Genaue Itinerarberechnung auf der Reise selbst wird selten nöthig sein, es wird genügen, den jeweiligen Lagerplatz in eine Karte kleinsten Maassstabes (1 : 2000000) abendlich einzutragen.

Die Aufnahme topographischer Objecte von einigermassen bedeutender Entfernung muss im Allgemeinen durch perspectivische Skizzen mit eingeschriebenen Peilungen geschehen. Schätzung der Entfernung der gepeilten Objecte ist wohl nützlich, wenn aber das Object wiederholt sichtbar wird, wird es durch Visurschnitte besser bestimmt.

Kleinere und näher liegende Objecte sind durch beständiges Skizziren aufzunehmen (vgl. Tafel VII).

Auf der Reise selbst ist die Zusammenfassung der topographischen Aufnahmen in ein grösseres Kartenbild nicht nöthig, und nur wenn überflüssige Zeit vorhanden ist, oder zum Zweck der Sicherung des Materials gegen Verlust, zu empfehlen, denn ehe die astronomisch bestimmten Punkte und das Itinerar aufgetragen sind, können die Peilungen nach entfernten Objecten noch nicht benützt werden.

Ueber das Reisen in pfadloser Wüste sind schon oben bei Gelegenheit des Marsches nach Siuah einige Worte gesagt worden. Die Erfahrung bestätigt, dass man sehr wohl wagen darf, 4—6 Tage nur nach dem Compass zu marschiren, wenn das Reiseziel bedeutende Ausdehnung hat; so zogen z. B. Rohlfs und Zittel von Sittrah nach Farafrah, Rohlfs von Farafrah über Schech-Mursuk nach Dachel, Schweinfurth von Chargeh nach Girgeh, obgleich bei allen diesen Märschen keine Itinerarberechnung angestellt, sondern nur summarisch eine bestimmte Richtung möglichst eingehalten wurde. Wenn man täglich das Itinerar berechnet, braucht man durchaus nicht einen bestimmten Curs einzuhalten. Jedenfalls genügen Itinerar und astronomische Breiten, ohne Längen auf viele Wochen zur Orientirung.

Es wäre jedem Reisenden, der künftig die Oasen besuchen will, zu rathen, nicht mehr den alten ausgetretenen Caravanenstrassen, auf denen nichts mehr zu entdecken ist, unter Führung eigensinniger Beduinen zu folgen, sondern überall seinen Weg selbst zu wählen. Alle auf unserer Karte dargestellten Objecte, z. B. die Brunnen, sind so genau bestimmt, dass man sie auf einer mathematisch orientirten Reise unfehlbar finden muss.

Barometrische Beobachtungen nur mit Aneroiden oder gar mit nicht untersuchten Aneroiden haben für absolute Höhenbestimmung wenig Werth. Die Erfindung dieser wundervollen Instrumente hat insofern einen Rückschritt in der Hypsometrie auf Reisen veranlasst, als früher wenigstens von wissenschaftlichen Reisen Zahlen gebracht wurden, aus denen sich die wirklichen Werthe des Luftdrucks berechnen liessen,

während in neuerer Zeit wiederholt Aneroidablesungen veröffentlicht wurden, deren Standcorrectionen so unsicher sind, dass die Messungen fast jeden Werth verlieren.

Es sind zwar manche Erfahrungen mit Federbarometern gemacht worden (z. B. von Hartl, Zeitschrift der österr. Ges. f. Met. 1875 S. 106), wornach man sich begnügen könnte, vor und nach der Reise den Stand zu bestimmen, allein die auf unserer Expedition gemachten Erfahrungen (S. 94), denen viele andere zur Seite stehen, sprechen dagegen. Man wird also nach wie vor mindestens ein Quecksilberbarometer (oder vielleicht auch einige Kochthermometer) zur Controle mitführen müssen.

Bei der Redaction des vorliegenden Bandes war ich bestrebt, so weit auf die Originalbeobachtungen zurückzugreifen, dass der Leser sowohl über die Berechnungsmethoden, als auch über die Genauigkeit der erlangten Resultate ein selbstständiges Urtheil zu gewinnen in den Stand gesetzt wird.

Die Meteorologie musste verhältnissmässig sehr ausführlich behandelt werden, weil es sich hier kaum um etwas anderes handeln kann, als Material zu liefern für eine in der ersten Entwickelung befindliche Wissenschaft. Die Bearbeitung musste deswegen darauf ausgehen, möglichst viele Originalbeobachtungen mitzutheilen, dieselben aber so zu ordnen, dass sie wissenschaftlich weiter verwerthbar werden. Die wichtigsten climatologischen Resultate folgen übrigens aus den betreffenden Zahlenzusammenstellungen unmittelbar.

Wenn einzelne Theile vielleicht etwas ausführlicher behandelt sind, als der nächste Zweck verlangen würde, so war hiebei der Wunsch mitbestimmend, einen kleinen Beitrag zur Vervollkommnung der Methoden geographischer Arbeiten auf Reisen zu liefern.

Die in diesem Bande mitgetheilten Resultate beruhen grösstentheils auf meinen Aufnahmen. Das von anderen Mitgliedern zur Mitbearbeitung bezw. Mitveröffentlichung übergebene Material, nämlich topographische Details und Meteorologie von Herrn Hofrath Rohlfs, barometrische Höhen, Beobachtungen über Ozon und Kohlensäure der Luft von Herrn Professor Zittel mit Bearbeitung der Kohlensäure durch Herrn Professor v. Pettenkoffer, topographische und meteorologische Aufzeichnungen von Herrn Professor Ascherson, Photographie und meteorologische Beobachtungen von Herrn Photograph Remelé, die geographische Aufnahme der Oase Chargeh von Herrn Dr. Schweinfurth, ist am betreffenden Orte namhaft gemacht.

Von früheren Resultaten sind diejenigen der Expedition von Cailliaud und Letorzec vom Winter 1819—1820 in vielen Fällen beigezogen und, wo es möglich war, einer Neuberechnung unterworfen worden. Die Cailliaud'sche Reise ist beschrieben in dem Werk: „Voyage à Méroé, au fleuve blanc, au-delà de Fâzoql, dans le midi du royaume de Sennâr, à Syouah et dans cinqu autres oasis; fait dans les années 1819, 1820, 1821 et 1822, par M. Frédéric Cailliaud, de Nantes, accompagné de Cartes géographiques, de Planches représentant les monumens de ces contrées, avec des détails relatifs à l'état moderne et à l'histoire naturelle." Paris 1826.

Die Orthographie der geographischen Namen ist in diesem Bande theilweise aus Versehen nicht ganz gleichförmig eingehalten z. B. Marak und Maragh, Bir-Diker und Bir-Dikker etc. Die von Herrn Hofrath Rohlfs und Professor Ascherson definitiv angenommene Transscription der arabischen Namen findet sich im erzählenden Theile.

Die Lithographie der Hauptkarte Tafel I hat Herr Stabsguide Krieg übernommen.

Karlsruhe, im April 1876. Jordan.

Berichtigungen.

Seite 5 Länge von Ombos lies $2^h\,11^m\,54^s.7$ statt $2^h\,10^m\,54^s.7$ und entsprechend $32^0\,58'\,40''$ statt $32^0\,43'\,40''$
„ 33 bei der Distanz Pollux-Mond lies Correction für Mondort $-8''$ statt $+8''$
„ 69 in der letzten Formel lies $1-k$ statt $1-2k$
„ 91 8. Linie lies z' statt y'
„ 104 und 105 in der letzten Spalte lies nach ⊙ Untergang statt vor ⊙ Untergang
„ 126 in der letzten Spalte der Tafel lies (15.4) statt 15.4
„ 129 in dem Citat von Hann lies 1874 statt 1875 ebenso auf mehreren folgenden Seiten.

Die Anordnung der Karten Tafel I und VII musste nach dem Druck des Textes S. 71—77 nochmals geändert werden, weshalb einige dort gemachte Verweisungen auf die Karten entsprechend zu ändern sind. Die auf S. 76 und 77 erwähnten Details sind auf Tafel I fast ganz weggelassen mit Rücksicht auf Tafel VII und die bereits dem erzählenden Theil dieses Werkes beigegebene Karte.

Inhaltsübersicht.

Lithographische Tafeln.

I. Hauptkarte der Expedition im Maassstab 1 : 1300000.

II. Plan von Gassr-Dachel und Umgebung im Maassstab 1 : 10000 und 1 : 50000.

III. Plan von Gassr-Farafrah und Umgebung im Maassstab 1 : 10000 und 1 : 50000.

IV. Graphische Darstellung der meteorologischen Beobachtungen auf der Station Regenfeld vom 29. Januar bis 5. Februar 1874 und graphische Darstellung der barometrischen Höhenmessungen zwischen Farafrah und Dachel.

V. Graphische Darstellung des täglichen Gangs der Lufttemperatur, der Sandtemperatur und des Luftdrucks auf 5 Stationen der libyschen Wüste.

VI. Graphische Darstellung des täglichen Gangs der Lufttemperatur, des Luftdrucks, des Dunstdrucks und der relativen Feuchtigkeit der Luft in Kairo und in der libyschen Wüste im Winter 1873—1874.

VII. Karte der Oase Dachel und der Oase Beharieh mit den Caravanenstrassen nach Sittrah und Ain-el-Uadi im Maassstab 1 : 500000.

Astronomische Ortsbestimmung.

Beschreibung der Instrumente.

1 Ein Theodolit von Sickler in Karlsruhe. Die Construction ist im Wesentlichen die bei gewöhnlichen Feldmessinstrumenten übliche. Der auf ein hölzernes Stativ aufzusetzende Dreifuss trägt den drehbaren horizontalen Limbus, von 15^{cm} Theilungsdurchmesser, mit dessen Alhidate die Fernrohrträger fest verbunden sind. Das Fernrohr selbst ist des Durchschlagens wegen, und um in grössere Höhen visiren zu können, excentrisch angebracht, ihm gegenüber und auf gleicher Axe sitzt der Höhenkreis mit 15^{cm} Theilungsdurchmesser. Auf die horizontale Axe kann entweder eine Reiterlibelle oder eine Bussole mit $13^{cm}.5$ Theilungsdurchmesser aufgesetzt werden. Wegen dieser Bussole sind Eisentheile am Instrument und am Stativ vermieden. In der Mitte der Alhidate des Horizontalkreises liegt für grobe Einstellung eine Dosenlibelle mit Empfindlichkeit von $2'$ auf 1^{mm} Ausschlag; über ihr und ebenfalls fest verbunden mit der Alhidate des Horizontalkreises befindet sich in paralleler Lage mit dem Höhenkreis eine Röhrenlibelle mit Empfindlichkeit von $7''$ auf 1^{mm} Ausschlag. Eine ähnliche Empfindlichkeit hat auch die auf die horizontale Fernrohraxe aufsetzbare Reiterlibelle. Das Fernrohr hat 32^{cm} Brennweite, 28^{mm} Objectivöffnung und gibt mit einem Huyghens'schen Ocular etwa 15-fache Vergrösserung. Das Fadenkreuz besteht der Sicherheit wegen nicht aus Spinnfäden, sondern ist auf einem im Draphragma eingesetzten Glasplättchen eingerissen. Für Nachtbeobachtungen dient eine einfache Fadenkreuz-Beleuchtung, bestehend aus einem nach allen Richtungen drehbaren elliptischen Ring, welcher das Lampenlicht durch das Objectiv (dessen wirksame Oeffnung somit schmälernd) bis zum Fadenkreuz reflectirt. Für Sonnenbeobachtungen kann eine Blendung vor das Ocular geschoben werden. Damit bei Sonnenbeobachtungen das Auge nicht durch das Aufsuchen des Objectes geblendet wird, ist auf der oberen und unteren Seite des Fernrohres eine mit kleinem Loche durchbohrte Platte und eine entsprechende Auffangplatte angebracht, so dass, wenn das kleine Sonnenbild, welches durch die Oeffnung erzeugt wird, auf einen bestimmten Punkt der Auffangplatte fällt, der Beobachter erwarten darf, die Sonne im Gesichtsfeld des Fernrohres zu finden.

Die Kreistheilungen und die zugehörigen Nonientheilungen sind ziemlich grob gemacht, so dass sie im Nothfall von einem sehr kurzsichtigen Auge ohne Lupe abgelesen werden könnten; es ist

dieses hauptsächlich so angeordnet worden, damit in der Dämmerung Beobachtung des Polarsterns ohne Lampenbeleuchtung möglich sein soll. Ueberhaupt ist das ganze Instrument sehr massiv gebaut und nicht auf feine Messungen berechnet; es schien mir viel wichtiger, unter allen Umständen rasch und ohne Mühe die einzelne Bogenminute zweifellos zu erhalten, für grössere Genauigkeit auf die Wiederholung der Messungen vertrauend, als mit einem feineren Instrument nur unter günstigen Umständen zu beobachten und bei einer Beschädigung desselben die Unmöglichkeit der Messungsfortsetzung zu riskiren.

Das Instrument wiegt 6 Kilogramm und sammt dem Kasten 13 Kilogramm.

Die Construction und Verpackung bestand eine Probe, als am 16. Januar 1874 der Theodolitkasten sammt allem Gepäck vom Kameel in den Sand geworfen wurde, ohne dass eine erhebliche Beschädigung daraus gefolgt wäre.

Für Nachtbeobachtungen waren dem Theodolit 2 Lampen, wovon die eine, für Beobachtungen mit der Magnetnadel bestimmt, ganz aus Messing construirt war, beigegeben.

2. Ein Spiegelsextant gewöhnlicher Construction, mit Halbmesser von 13^{cm} von Kinzelbach in Stuttgart, nebst Glashorizont von Merz in München. Da die Höhenwinkel-Messung mit dem Theodolit bequemer ist als mit dem Sextanten über dem künstlichen Horizont, kam der letztere, der nur als Reserve für den Fall einer Beschädigung des Theodolits mitgenommen war, nur ausnahmsweise in Gebrauch; der Sextant diente fast nur zu Monddistanzen-Messungen. Die Untersuchung der Sextantenfehler wird in einem besonderen Abschnitt behandelt werden.

3. Ein Taschenchronometer mit Ankerhemmung von E. Kutter in Stuttgart mit Aufzug am Bügel (Remontoir), äusserer Durchmesser 50 Millimeter.

Nachweis der astronomischen Längenbestimmung der beiden Anbindepunkte der Expedition.

Vor Mittheilung unserer eigenen astronomischen Ortsbestimmungen ist es nöthig, über die Längen der am Nil gelegenen Anbindepunkte, nämlich Hamrah bei Siut und Esneh Sicherheit zu erhalten.

Der Nillauf von der Mündung bis zur Insel Phylä ist schon in den Jahren 1798 und 1799 durch die französische Expedition astronomisch aufgenommen worden, die damals bestimmten Längen wurden später durch Nouet verbessert und in jüngster Zeit haben deutsche, englische und russische Astronomen aus Veranlassung der Beobachtung des Venusdurchgangs vom 8. December 1874 mehrere Längen in Egypten mit Anwendung der genauesten Methoden bestimmt. Durch Verbesserung der altfranzösischen Aufnahme des Nilthales nach Maassgabe dieser letzten Bestimmungen lassen sich die Längen einer grossen Zahl von Punkten am Nil auf etwa 1^s genau angeben.

Wir stellen die Einzelresultate der erwähnten Operationen zusammen, um daraus die Längen von Hamrah und Esneh abzuleiten.

Die französische Expedition von 1798 bis 1800 hat in Kairo einen Punkt (maison de l'institut) möglichst genau in Länge bestimmt, nämlich (Descr. de l'Egypte, I, S. 6):

1. Aus Jupiter's-Trabanten-Verfinsterungen . . .	$1^h\ 55^m\ 54^s.0$ von Paris,
2. aus einer Fixstern-Bedeckung durch den Mond .	1 55 54.0
3. aus einer Venus-Bedeckung durch den Mond . .	1 55 53.5
Mittel	$1^h\ 55^m\ 53^s.8$

oder abgerundet $= 1^h\ 55^m\ 54^s = 28°\ 58'\ 30''$ nach der Zusammenstellung auf S. 20.

Trotz dieser Uebereinstimmung verschiedener Resultate musste später die Länge bedeutend geändert werden.

Um Kairo legten die Franzosen ein Netz von 54 Dreiecken, wodurch jene Länge auf andere solidere Punkte übertragen wurde, z. B. auf den gewöhnlich in den Verzeichnissen genannten Janitscharenthurm auf der Citadelle, namentlich aber auf die Cheopspyramide, welcher als solidester, auf der Erde zu findender Nullpunkt als Coordinatenursprung für die topographische Karte von ganz Egypten gedient hat. Die Resultate sind:

Janitscharenthurm $= 1^h\ 55^m\ 58^s.9$ von Paris $= 2^h\ 5^m\ 19^s.5$ von Greenwich,

Cheopspyramide $= 1^h\ 55^m\ 28^s.1$ von Paris $= 2^h\ 4^m\ 48^s.7$ von Greenwich

(s. Description de l'Egypte tome I, S. 20 und tome II seconde partie S. 30).

An die Länge von Kairo wurden dann viele andere Punkte chronometrisch angeschlossen, insbesondere durch eine vom 17. August bis 6. November 1799 dauernde Nilfahrt von Kairo bis Assuan und zurück, mit Benutzung eines Schiffschronometers. Gleichzeitig wurden auch die Breiten der betreffenden Orte gemessen.

Die zwei Punkte, Hamrah bei Siut und Esneh, sind auf der Hin- und Rückreise chronometrisch bestimmt worden, und zwar fand sich nach Berücksichtigung des Chronometergangs:

Siut mouillage, d. h. Landungsplatz Hamrah,

am 27. August (Band I, S. 13)	$28°\ 55'\ 11''$ von Paris,
am 26. November (Band I, S. 18) . . .	28 54 16
also Hamrah bei Siut Mittel =	$28°\ 54'\ 43''.5$*) $= 1^h\ 55^m\ 38^s.9$ v. Paris $= 2^h\ 4^m\ 59^s.5$ v. Greenwich.
Der Längenunterschied zwischen dem Landungsplatz Hamrah und der Stadt Siut (grand Minaret) beträgt nach S. 13 .	$1'\ 24''$
und zwar liegt Hamrah östlich von Siut, also hiernach Länge von Siut, Stadt . . .	$28°\ 53'\ 19''.5$ $= 1^h\ 55^m\ 33^s.3$ v. Paris $= 2^h\ 4^m\ 53^s.9$ v. Greenwich,
Esneh, Stadt und Tempel, am 7. September (I, S. 13 und 14)	$30°\ 14'\ 34''$
am 21. September (I, S. 15 und 16) . .	$30°\ 14'\ 49''$
Esneh Mittel =	$30°\ 14'\ 41''.5$*) $= 2^h\ 0^m\ 58^s.8$ v. Paris $= 2^h\ 10^m\ 19^s.4$ v. Greenwich,
ferner Luxor, nur auf der Rückfahrt bestimmt, am 24. September (I, S. 16) .	$30°\ 19'\ 38''$ $= 2^h\ 1^m\ 18^s.5$ v. Paris $= 2^h\ 10^m\ 39^s.1$ v. Greenwich.

*) Es finden sich in der Description de l'Egypte an drei Orten Zusammenstellungen der astronomisch bestimmten

In den neuesten Jahrgängen der Connaissance des temps (1875 S. LIII—LVI) sind die Resultate der Description de l'Egypte anders angegeben, nämlich durchaus um 18ˢ Zeitsecunden kleiner, nämlich:

Janitscharenthurm = 1ʰ 55ᵐ 41ˢ von Paris = 2ʰ 5ᵐ 2ˢ von Greenwich,
Siut . . . . . . = 1ʰ 55ᵐ 15ˢ von Paris = 2ʰ 4ᵐ 36ˢ von Greenwich,
Esneh . . . . . = 2ʰ 0ᵐ 41ˢ von Paris = 2ʰ 10ᵐ 2ˢ von Greenwich.

Als Autorität ist genannt: „Nouet cor. 1836".

Die Längenbestimmungen der Venusdurchgangs-Expeditionen sind, soweit sie bis jetzt verfügbar sind, die folgenden:

1. Captain Browne verband seine Station auf dem Mokattam bei Kairo telegraphisch mit Greenwich auf dem Weg über Alexandrien und Porthcurno. Das Resultat ist, abgesehen von einer Correction für persönliche Gleichung, die jedoch nur einen Bruchtheil der Secunde betragen kann und deswegen für unsere Zwecke ausser Betracht bleibt, das folgende:*)

Mokattam Station Länge = 2ʰ 5ᵐ 6ˢ.58 von Greenwich.

Diese Länge wurde geodätisch auf den Janitscharenthurm und auf die khedivische Sternwarte in der Abbasie bei Kairo übertragen mit den Resultaten:**)

Janitscharenthurm Länge . . = 2ʰ 5ᵐ 2ˢ.8 von Greenwich = 1ʰ 55ᵐ 42ˢ.2 von Paris,
Sternwarte Abbasie Länge . = 2ʰ 5ᵐ 8ˢ.9 von Greenwich.

2. Professor Dr. Auwers***) von Berlin hat seine Station in Luxor (464.8 Meter westl. und 497.4 Meter südl. vom Obelisken) telegraphisch an die Mokattam-Station angeschlossen und 5ᵐ 26ˢ.62 östlicher gefunden; daraus ergibt sich mit Benützung des unter 1. aufgeführten Werthes:

Obelisk von Luxor = 2ʰ 10ᵐ 34ˢ.3 von Greenwich = 2ʰ 1ᵐ 13ˢ.7 von Paris.

Auch dieses Resultat ist noch nicht das endgültige, doch jedenfalls auf 1ˢ sicher.

Man hat nun folgende Vergleichung zwischen den Längen der Description de l'Egypte und den neuen Bestimmungen (gezählt von Paris):

	Descr. de l'Egypte	Neue Bestimmung 1874	Differenz
Janitscharenthurm . .	1ʰ 55ᵐ 58ˢ.9	1ʰ 55ᵐ 42ˢ.2	— 16ˢ.7
Luxor	2ʰ 1ᵐ 18ˢ.5	2ʰ 1ᵐ 13ˢ.7	— 4ˢ.8.

Die Correction der Punkte in der Nähe von Kairo beträgt also — 16ˢ.7 oder nahezu dasselbe, was schon im Jahr 1836 Nouet gefunden hat. Die Correction bleibt aber nicht für den ganzen Nillauf bis Phylä constant, denn in Esneh beträgt sie nur noch — 4ˢ.8.

Punkte, nämlich in Band I, Seite 20, Band II, 2. Theil, S. 30 und Geogr. Atlas Blatt 1. In Band I, S. 20, ist die Länge von Siut obigem Mittel entsprechend angegeben, nämlich 28° 53′ 20″ dagegen in Band II, 2. Theil, S. 30 und im Atlas findet sich 28° 54′ 1″ = 1ʰ 55ᵐ 36ˢ.1.

Auch bei Esneh ist etwas zu beachten: Das obige arithmetische Mittel 30° 14′ 41″ findet sich in allen drei Zusammenstellungen wieder, aber die Reduction auf Zeit, welche in Band II, 2. Theil, S. 30 und im Atlas beigefügt ist, stimmt nicht damit, denn es ist 30° 14′ 41″ nicht = 2ʰ 0ᵐ 57ˢ.7, wie dort steht, sondern = 2ʰ 0ᵐ 58ˢ.7. Die Länge von Karnak ist in Gradmaass = 30° 20′ 34″ (vgl. I, S. 16) und nicht 30° 19′ 34″ und die Länge von Beni-Suef = 28° 52′ 45″ statt 28° 52′ 25″ (vgl. I, S. 12). Auf S. 30 von Band II, 2. Theil, ist zu lesen Girgeh statt Gyzeh.

*) Monthly Notices of the royal astronomical Society Vol. XXXV. No. 4, February 1875, S. 225.

**) Nach Mittheilung des egyptischen Astronomen Ismael-Bey an Professor Auwers.

***) Nach gütiger Privatmittheilung desselben.

Um die Hauptpunkte am Nil in Betreff der Länge auf 1—2ˢ richtig zu erhalten, könnte man vielleicht sich darauf beschränken, die Karte den gefundenen 2 Zahlen entsprechend zu verschieben und zu drehen, doch ist eine Neuberechnung der Längen auf Grund der in der Description I, S. 10—19 mitgetheilten Original-Chronometermessungen mit Anbindung an die neugewonnenen Fixpunkte Kairo und Luxor jedenfalls vorzuziehen.

Durch eine solche Neuberechnung wurden die folgenden Resultate erhalten, denen der Vollständigkeit wegen auch die Breiten nach der Description zugefügt wurden.

In unserer Karte ist der Nillauf nach diesen berichtigten Positionen eingetragen.

Punkt.	Breite.	Länge von Greenwich in Zeit.	Länge von Greenwich in Bogen.	Bemerkungen.
Kairo maison de l'institut . .	30° 2′ 21″	2ʰ 4ᵐ 57ˢ.9	31° 14′ 28″	Station der französ. Expedition 1798—1800.
Mokattam Venusstation . . .	30 1 46	2 5 6.6	31 16 39	Browne 1874.
Kairo Janitscharenthurm . .	30 2 8	2 5 2.8	31 15 42	
Cheopspyramide	29 59 5	2 4 32.0	31 8 0	
Sternwarte Abbasie	30 4 38	2 5 8.9	31 17 13	
Beni-Suef	29 8 28	2 4 34.9	31 8 43	
Minieh	28 5 28	2 3 7.9	30 46 58	
Antinoeh	27 48 15	2 3 31.8	30 52 57	
Hamrah bei Siut	27 11 0	2 4 48.4	31 12 6	
Siut	27 10 14	2 4 42.8	31 10 42	
Kau-el-Kebir	26 53 33	2 5 59.6	31 29 54	
Girgeh	26 20 3	2 7 33.6	31 53 24	
Hau	26 11 20	2 9 16.6	32 19 9	
Denderah	26 8 38	2 10 37.0	32 39 15	
Kenneh	26 9 36	2 10 53.6	32 43 24	
Karnak (Theben)	25 42 57	2 10 38.0	32 39 30	
Luxor (Theben)	25 41 57	2 10 34.3	32 38 34	Auwers 1874.
Esneh	25 17 38	2 10 15.7	32 33 55	
Edfu	24 58 43	2 11 32.2	32 53 3	
Ombos	24 27 17	2 10 54.7	32 43 40	
Assuan (Syene)	24 5 23	2 11 45.2	32 56 18	
Phylae	24 1 34	2 11 33.2	32 53 18	

Bestimmung der Ortszeit.

Wegen der vielen Vortheile, welche die Bestimmung der Zeit durch correspondirende Sonnenhöhen bietet, wurde diese Methode überall, wo es möglich war, angewendet.

Die dabei gebrauchte, der Declinationsänderung der Sonne entsprechende „Mittagsverbesserung" wurde auf etwa 1^s genau auf der Reise selbst aus der folgenden, zum Voraus für die Breite 28° berechneten, Tafel entnommen, welche hier abzudrucken geboten scheint, weil sie von jedem unter ähnlichen Umständen arbeitenden Reisenden wieder benützt werden kann.

Mittagsverbesserung für Zeitbestimmung aus correspondirenden Sonnenhöhen für 28° N. Breite.

Jahreszeit.	Halbe Zwischenzeit				Jahreszeit.	Halbe Zwischenzeit			
	1^h	2^h	3^h	4^h		1^h	2^h	3^h	4^h
November 10 . .	$+9^s.0$	$+8^s.9$	$+8^s.9$	$+8^s.9$	Januar 11 . . .	$-5^s.6$	$-5^s.6$	$-5^s.5$	$-5^s.4$
„ 20 .	+ 7.6	+ 7.6	+ 7.5	+ 7.4	„ 16 . . .	— 6.6	— 6.6	— 6.5	— 6.4
„ 25 . .	+ 6.6	+ 6.6	+ 6.5	+ 6.4	„ 21 . . .	— 7.6	— 7.6	— 7.5	— 7.4
December 1 . .	+ 5.6	+ 5.6	+ 5.5	+ 5.4	„ 31 . . .	— 9.0	— 8.9	— 8.9	— 8.9
„ 6 . .	+ 4.3	+ 4.3	+ 4.3	+ 4.2	Februar 10 . . .	— 9.8	— 9.8	— 9.8	— 9.9
„ 11 . .	+ 3.0	+ 3.0	+ 3.0	+ 2.9	„ 20 . . .	— 10.0	— 10.0	— 10.2	— 10.4
„ 16 . .	+ 1.6	+ 1.6	+ 1.6	+ 1.5	März 2 . . .	— 9.6	— 9.8	— 10.0	— 10.5
„ 22 . .	0.0	0.0	0.0	0.0	„ 12 . . .	— 8.9	— 9.2	— 9.6	— 10.1
„ 27 . .	— 1.6	— 1.6	— 1.6	— 1.5	„ 22 . . .	— 8.1	— 8.4	— 8.9	— 9.7
Januar 1 . .	— 3.0	— 3.0	— 3.0	— 2.9	April 1 . . .	— 6.8	— 7.1	— 7.8	— 8.8
„ 6 . .	— 4.3	— 4.3	— 4.2	— 4.2	„ 21 . . .	— 4.3	— 4.7	— 5.5	— 6.6
„ 11 . .	— 5.6	— 5.6	— 5.5	— 5.4	Mai 1 . . .	— 3.2	— 3.6	— 4.4	— 5.5

In der endgiltigen Berechnung wurde die Mittagsverbesserung in üblicher Weise genauer bestimmt.

Beispiel einer Zeitbestimmung aus correspondirenden Sonnenhöhen.

Oase Siuah*), 21. Februar 1874, Beobachtung des Sonnenunterrandes:

*) Da es für den Nachweis der Bestimmungen von Ortszeit, Breite und magnetischer Declination nicht geboten scheint, die Originalbeobachtungen mitzutheilen, geben wir hiefür nur jedesmal ein ausführlicheres Beispiel, und zwar jedesmal für die Jupiter-Ammons-Oase. Nur die Monddistanzen sollen sämmtlich im Original mitgetheilt werden.

Höhenkreis	Chronometer Vormittag	Chronometer Nachmittag	Mittel
125° 30′	$8^h 52^m 25^s$	$1^h 59^m 2^s$	$11^h 25^m 43^s.5$
125 40	8 53 30	1 58 8	11 25 49.0
125 50	8 54 30	1 57 4	11 25 47.0
126 0	8 55 28	1 56 5	11 25 46.5
126 10	8 56 35	1 54 53	11 25 44.0
126 20	8 57 28	1 53 57	11 25 42.5
126 30	8 58 38	1 52 50	11 25 44.0
126 40	8 59 40	1 51 55	11 25 47.5
126 50	9 0 45	1 50 48	11 25 46.5
Mittel	$8^h 56^m 33^s.2$	$1^h 54^m 58^s.0$	$11^h 25^m 45^s.6 \pm 0^s.7$

Die genäherte Breite ist 29° 12′, die genäherte Länge ist $1^h 42^m$ von Greenwich, damit erhält man:

Unverbesserter Mittag	$11^h 25^m 45^s.6 \pm 0^s.7$
Mittagsverbesserung	— 10.5
Wahrer Mittag	11 25 35.1
Zeitgleichung	$+ 13^m 51^s.4$
Correction des Chronometers	$+ 0^h 48^m 16^s.3 \pm 0^s.7$

Eine dazwischen eingeschaltete ähnliche Beobachtungsreihe mit Sonnenoberrand ergab die Correction des Chronometers $= + 0^h 48^m 15^s.3 \pm 0^s.9$. also im Mittel Correction $= + 0^h 48^m 15^s.8$, ein Resultat, das auf etwa $0^s.3$ sicher ist, denn constante Fehler, welche beide Resultate beeinflussen sollten, können hier kaum vorhanden sein.

Im Anfang der Reise wurden nur jedesmal etwa 10 Höhen auf den Unterrand der Sonne genommen, wie vorstehendes Beispiel zeigt, vom 29. Januar an nahm ich jedoch jedesmal noch eine zweite solche Gruppe von Höhen auf den Sonnenoberrand, und die folgende Zusammenstellung der hiebei erhaltenen Resultate liefert den Nachweis über die Genauigkeitsverhältnisse. Die den Resultaten beigesetzten mittleren Fehler sind aus der Uebereinstimmung der in der betreffenden Gruppe vereinigten Einzelresultate unter sich in gewöhnlicher Weise berechnet.

Zeit und Ort der Beobachtung.	Ortszeit — Chronometerstand, bestimmt durch Beobachtung des		Differenz.
	Sonnenunterrandes.	Sonnenoberrandes.	
1874			
Regenfeld 29. Januar	$0^h 55^m 7^s.3 \pm 0^s.8$	$0^h 55^m 6^s.7 \pm 0^s.7$	$+ 0^s.6$
Regenfeld 31. Januar	0 55 4.4 ± 1.0	0 55 2.6 ± 0.7	+ 1.8
Regenfeld 5. Februar	0 55 8.7 ± 0.6	0 55 10.3 ± 0.3	— 1.6
Siuah 21. Februar	0 48 16.3 ± 0.7	0 48 15.3 ± 0.9	+ 1.0

Zeit und Ort der Beobachtung.	Ortszeit — Chronometerstand, bestimmt durch Beobachtung des		Differenz.
	Sonnenunterrandes.	Sonnenoberrandes.	
1874			
Beharieh 7. März	$1^h\ 2^m\ 27^s.1 \pm 1^s.5$	$1^h\ 2^m\ 25^s.0 \pm 0^s.7$	$+2^s.1$
Farafrah 12. März	0 59 11.7 ± 0.6	0 59 10.3 ± 0.9	+ 1.4
Chargeh 24. März	1 10 11.3 ± 0.9	1 10 11.7 ± 0.5	— 0.4
Esneh 1. April	1 18 35.5 ± 0.5	1 18 33.7 ± 2.3	+ 1.8
Esneh 2. April	1 18 39.4 ± 0.5	1 18 41.1 ± 0.6	— 1.7

Einzelne Sonnen- oder Sternhöhen sind nur ausnahmsweise gemessen, zur chronometrischen Längenbestimmung an Orten, wo nicht Aufenthalt über Mittag gemacht worden ist, nämlich auf dem Lagerplatz vom 26.—27. Dezember Abends, in der unbewohnten Oase Aradj am Morgen des 28. Februar (bürgerliche Zählung) in Tenidah am Vormittag des 20. März und auf dem Lagerplatz vom 27.—28. März Abends. Diese Bestimmungen sind in der folgenden Zusammenstellung, auf den Mittag des dabei angegebenen Tages mit Hülfe des näherungsweise bekannten Chronometerganges bezogen, aufgeführt. Ueber die zur Berechnung nöthig gewesenen Breiten wird der folgende Abschnitt Auskunft geben. Einige einzelne Mond- und Sternhöhen, welche zum unmittelbaren Gebrauch für Monddistanzreduction gemessen wurden, sind zwar der Controle wegen später ebenfalls zur Ortszeitbestimmung mit benützt, aber weil weniger genau (sie fügten sich gewöhnlich auf 2—3^s in den Chronometergang) in der folgenden Zusammenstellung der Resultate nicht mit aufgenommen worden.

Der Chronometergang ist in Beziehung auf etwaige grobe Störungen allabendlich beim Aufziehen durch Vergleichung mit einer gewöhnlichen Taschenuhr controlirt worden, da aber der Gang der letzteren nur auf etwa 10—15^s pro Tag regelmässig blieb, kann kein weiterer Gebrauch davon gemacht werden.

Am Vormittag des 2. Januar 1874 entdeckte ich in Farafrah mit Schrecken, dass der Chronometer stand. Die Vergleichung mit der gewöhnlichen Taschenuhr war am Vorabend gemacht und letztere gieng, war also aufgezogen. Aus unbegreiflichem Versehen hatte ich nach der Vergleichung nur die Uhr, aber nicht den Chronometer aufgezogen. Das Unglück wurde durch den glücklichen Zufall aufgewogen, dass wir überhaupt noch in Farafrah waren, denn die Beduinen hatten, nachdem schon die Zelte abgeschlagen waren, an diesem zum Abmarsch bestimmten Tage, als an einem Freitag, sich geweigert, aufzubrechen.

Es liess sich also durch neue Ortszeitbestimmung die Standänderung bestimmen, ja es wurde sogar mit Hülfe der erwähnten Vergleichsuhr (zufälligerweise) fast genau der alte Stand wieder hergestellt.

Es hatte sich nämlich am 31. December ergeben: Ortszeit = Chronometer + $0^h\ 56^m\ 33^s.5$ und am 2. Januar fand sich + $0^h\ 56^m\ 35^s.8$. Nun war der tägliche Chronometergang bei dem vorhergegangenen Aufenthalt in Hamrah bei Siut = —$1^s.6$ (verzögernd) gefunden worden und bei dem nächsten Aufenthalt in Dachel war er = — $2^s.6$. Nimmt man also das Mittel — $2^s.1$ als täglichen Gang für Farafrah, so berechnet sich der alte Stand für den 2. Januar = + $0^h\ 56^m\ 37^s.7$ und die Standänderung beträgt — $1^s.9$

wie auf S. 10 angegeben ist. Diese Reduction ist an den vor dem 2. Januar gemachten Chronometerablesungen anzubringen, um Alles auf gleichen Stand zu reduciren.

Obgleich für die Ortsbestimmung auf der Expedition selbst nur die Messungen zwischen dem 11. December und 3. April gebraucht werden (Hamrah bis Esneh), geben wir doch zur Uebersicht des Chronometergangs auch die vor- und nachher gemachten Messungen:

In Karlsruhe wurde vom 26. October bis 14. November, beim Mangel einer Sternwarte, eine grosse Zahl einzelner Sonnenhöhen gemessen, aus denen sich ergab, dass der mittlere Gang nahezu Null war, sodann konnte der Gang noch auf der Reise, auf der Sternwarte von Dr. Lamont in München, nach den Signalschüssen in den Häfen von Triest und Alexandrien und auf der khedivischen Sternwarte von Ismael-Bey in der Abbasie bei Kairo einigermaassen controlirt werden, und diese Controlen kehren auf der Heimreise in umgekehrter Ordnung wieder. Offenbar sind diese fremden Hülfsmittel zum Theil mangelhaft. Die geographischen Längen aller derjenigen Punkte, welche als gegeben zu betrachten sind, und die ihnen entsprechenden Reductionen des Chronometerstandes auf Greenwich-Zeit sind ebenfalls in der Tafel aufgeführt.

Soweit sich der Chronometergang nach diesem Material schon beurtheilen lässt, ist er von dem Werth Null, den er ursprünglich hatte, schliesslich auf mehrere Secunden (verzögernd) gekommen. Weitere Schlüsse in Betreff des Gangs werden nach erfolgter Ausgleichung mit den Monddistanzen zu machen sein.

Resultate der Ortszeit-Bestimmung.

Ort.	Zeit (Mittag).		Ortszeit — Chronometer.	Geogr. Länge des Orts östl. von Gr.	Greenwich-Zeit — Chronometer.	Täglicher Gang.
	1873					
Karlsruhe	October	26	— 0h 22m 54s	0h 33m 40s	— 0h 56m 34s	
„	November	1	— 0 22 57	0 33 40	— 0 56 37	
„	„	3	— 0 23 1	0 33 40	— 0 56 41	
„	„	5	— 0 23 0	0 33 40	— 0 56 40	
„	„	7	— 0 22 57	0 33 40	— 0 56 37	0
„		8	— 0 22 58	0 33 40	— 0 56 38	
„	„	11	— 0 22 59	0 33 40	— 0 56 39	
„	„	12	— 0 22 58	0 33 40	— 0 56 38	
„	„	13	0 22 55	0 33 40	— 0 56 35	
„	„	14	— 0 22 57	0 33 40	— 0 56 37	
München	„	17	— 0 10 10	0 46 26	— 0 56 36	+ 1.5
Triest	„	21	— 0 1 36	0 55 6	— 0 56 42	— 4.2
Alexandrien	„	30	+ 1 3 22	1 59 26	— 0 56 4	
„	December	1	+ 1 3 22	1 59 26	— 0 56 4	0.0
„	„	2	+ 1 3 22	1 59 26	— 0 56 4	
Abbasie bei Kairo . . .	„	5	+ 1 8 35	2 5 9	— 0 56 34	(?)

Ort.	Zeit (Mittag).		Ortszeit — Chronometer.	Geogr. Länge des Orts östl. von Gr.	Greenwich-Zeit — Chronometer.	Täglicher Gang.
	1873					
Hamrah bei Siut . . .	December	11	$+1^h\ 9^m\ 2^s.5$	$2^h\ 4^m\ 48^s.4$	$-0^h\ 55^m\ 45^s.9$	— 1.6
„ . . .	„	16	+ 1 9 10.5	2 4 48.4	— 0 55 37.9	
Marak	„	20	+ 1 7 37.0			
Lager 26. December . .	„	26	+ 1 0 22.2			
Farafrah	„	31	+ 0 56 33.5			
Aenderung des Chronometerstandes um $1^s.9$ (vgl. S. 8).						
	1874					
Farafrah	Januar	2	(+ 0 56 37.7)	alter Stand		
„	„	2	+ 0 56 35.8	neuer Stand		
Dachel	„	8	+ 1 0 19.6			— 2.6
„	„	13	+ 1 0 32.8			
Einsiedel I	„	19	+ 0 59 22.9			
Einsiedel II	„	23	+ 0 57 37.9			
Regenfeld	„	29	+ 0 55 7.0			
„	„	31	+ 0 55 3.5			— 0.4
„	Februar	5	+ 0 55 9.5			
Sandheim	„	12	+ 0 51 48.9			
Siuah	„	21	+ 0 48 15.8			— 1.3
„	„	24	+ 0 48 19.8			
Aradj	„	28	+ 0 52 9.2			
Beharieh	März	7	+ 1 2 26.0			
Farafrah	„	12	+ 0 59 11.0			
Dachel	„	17	+ 1 2 59.1			
Tenidah	„	20	+ 1 5 9.5			
Chargeh	„	24	+ 1 10 11.5			
Lager 27. März . . .	„	27	+ 1 12 19.0			
Esneh	April	2	+ 1 18 34.6	2 10 15.7	— 0 51 41.1	— 5.6
„	„	3	+ 1 18 40.2	3 10 15.7	— 0 51 35.5	— 6.5
Hamrah	„	13	+ 1 14 18.0	2 4 48.4	— 0 50 30.4	
Abbasie bei Kairo . . .	„	16	+ 1 15 1	2 5 9	— 0 50 8	
Alexandrien	„	25	+ 1 10 23	1 59 26	— 0 49 3	— 3.1
Karlsruhe	Mai	14	— 0 14 24	0 33 40	— 0 48 4	
„	„	27	— 0 14 4	0 33 40	— 0 47 44	
„	Juni	13	— 0 13 4	0 33 40	— 0 46 44	— 2.2
„	Juli	2	— 0 12 33	0 33 40	— 0 46 13	
„	„	19	— 0 12 0	0 33 40	— 0 45 40	

Bestimmung der geographischen Breite.

Die geographische Breite wurde Abends in der Dämmerung durch Beobachten des Polarsterns und Mittags durch Messung von Sonnenhöhen bestimmt.

Breitenbestimmung durch Polarsternhöhen.

Vor Sonnenuntergang wurde mittelst Bussole und Höhenkreis das Fernrohr des Theodolits vorläufig auf den Polarstern eingestellt, so dass derselbe einige Minuten nach Sonnenuntergang im Gesichtsfeld erschien, während noch Faden und Kreistheilung ohne künstliche Beleuchtung zu sehen waren. Gewöhnlich konnten so 3 vollständige Sternhöhen in je 2 Fernrohrlagen mit zusammen 12 Ablesungen im Laufe von 10 Minuten erlangt werden. In dieser Weise wurden die Breiten von 56 Punkten, d. h. fast aller Lagerplätze auf den vom Verfasser begangenen Strecken bestimmt. Es ist hier nur eine Lücke von mehr als 1 Tag, nämlich zwischen dem Sittrah-See und Beharieh konnte an den drei Abenden 2., 3., 4. März 1874 wegen ganz bedeckten Himmels keine Breite gemessen werden.

Sobald einmal eine solche Abendbestimmung gemacht war, wobei der Ort des Sterns aus genäherter Breite, seinem Stundenwinkel und der magnetischen Declination bestimmt werden muss, hatte man an jedem folgenden Tage nichts Anderes zu thun, als Bussole und Höhenkreis ungefähr auf die Ablesungen des vorhergehenden Abends zu stellen, um sicher den Stern gleich bei Beginn der Dämmerung zu treffen. Wenn aus irgend welchem Grunde die Dämmerungszeit versäumt war, so wurde die Messung bei Lampenbeleuchtung nachgeholt. Doch war dieses nur in wenigen Fällen nöthig.

Die zur Berechnung erforderliche geographische Länge und die Ortszeit können vollständig genügend aus dem Itinerar entnommen, bezhw. durch dasselbe aus der letztvorhergehenden Ortszeitbestimmung abgeleitet werden.

Beispiel einer Breitenbestimmung aus Polarishöhen.

Oase Siuah 22. Februar 1874 Abends.

Chronometer		Höhenkreis Non. links	Höhenkreis Non. rechts
$5^h\,13^m\,7^s$	Lage I	120° 13′ 20″	300° 10′ 0″
5 15 38	Lage II	239 51 0	59 50 50
5 17 27	Lage II	239 50 40	59 51 0
5 20 3	Lage I	120 10 0	300 9 30
5 21 53	Lage I	120 10 20	300 9 0
5 25 0	Lage II	239 54 30	59 54 0

Lufttemperatur = 19°. Barometer = 762mm.

Aus den am 21. und 24. Februar gemachten Ortszeitbestimmungen (vergl. S. 10) ergibt sich für die vorliegende Beobachtung:

$$\text{Ortszeit} = \text{Chronometer} + 0^h\,48^m\,17^s.$$

Die genäherte Länge ist $1^h\,42^m$ von Greenwich.

Indem man die Ablesungen für je 2 aufeinanderfolgende entgegengesetzte Fernrohrlagen combinirt, erhält man:

Chronometer	scheinbare Höhe des Sterns
$5^h\,14^m\,22^s$	30° 10′ 22″
5 18 45	30 9 27
5 23 26	30 7 42

Hieraus findet man die drei Resultate für die Breite:

	29° 11′ 34″
	29 11 47
	29 11 15
Arithmetisches Mittel	29° 11′ 32″ ± 9″.

Der mittlere Fehler einer einzelnen Bestimmung ist ± 16″ und der mittlere Fehler des arithmetischen Mittels ± 9″.

Breitenbestimmung aus Sonnenmittagshöhen.

Die Höhen sind wie die soeben beschriebenen in 2 Fernrohrlagen mit zusammen 4 Kreisablesungen gemessen. In Lage I wurde der Sonnenunterrand und in Lage II der Sonnenoberrand anvisirt, so dass die Combination der Ablesungen für je zwei aufeinanderfolgende entgegengesetzte Lagen die scheinbare Höhe des Sonnenmittelpunktes ergab. Damit erhält man die Zusammenfassung der Beobachtungen, wie folgendes Beispiel zeigt:

Oase Siuah 24. Februar Mittag.

Chronometer	Scheinbare Höhe des Sonnenmittelpunkts	
$11^h\,17^m\,10^s$	51° 19′ 22″	
11 20 44	51 21 18	Lufttemperatur 18°
11 23 48	51 22 30	Barometer 766mm
11 26 36	51 21 48	
11 29 9	51 21 22	
11 31 56	51 19 45	
11 34 46	51 18 22	
11 38 4	51 15 22	
11 41 21	51 10 30	

Aus vor- und nachher genommenen correspondirenden Sonnenhöhen hatte sich ergeben:

$$\text{Mittlere Ortszeit} = \text{Chronometer} + 0^h\,48^m\,20^s$$

$$\text{oder wahrer Mittag} = 11^h\,25^m\,7^s\ \text{Chronometer}.$$

Die genäherte Länge ist $1^h\,42^m$ von Greenwich.

Damit findet man folgende Resultate für die Breite

29° 12′ 28″
29 12 35
29 12 12
29 12 55
29 12 46
29 13 4
29 12 24
29 12 5
29 12 42

Mittel 29° 12′ 35″ ± 6″

Der mittlere Fehler einer einzelnen Bestimmung findet sich hieraus = ± 19″ und der mittlere Fehler des arithmetischen Mittels = ± 6″.

Am 21. Februar hatte eine ähnliche Bestimmung mit 6 Höhen ergeben: 29° 12′ 14″ ± 8″.

Während diese zwei unabhängigen Resultate, deren Mittel 29° 12′ 27″ ist, genügend übereinstimmen, weichen sie beide von dem Resultat der Polarismessungen 29° 11′ 32″ ± 9″ (S. 12) viel mehr ab, als die Fehlerberechnung erwarten liess. Es müssen daher den Höhenwinkelmessungen constante Fehler anhaften, und in der That findet sich eine ähnliche Differenz bei allen aus Polarishöhen und Sonnenhöhen bestimmten Breiten, wie folgende Zusammenstellung derselben zeigt.

In Hamrah, Sinah und Esneh sind an zwei verschiedenen Tagen Sonnenhöhen gemessen und Polarstern-Höhen sind an zwei Abenden gemessen in Farafrah, Dachel, Chargeh und Esneh. Die Anzahl der auf einem Punkt gemessenen Sonnenhöhen ist durchschnittlich 10, die Anzahl der auf einen Punkt kommenden Polarstern-Höhen ist durchschnittlich etwas mehr als 3.

Beobachtungspunkt.	Breite aus Sonnenhöhen.	Breite aus Polarishöhen.	Differenz.
Hamrah bei Siut	27° 11′ 20″ ± 4″	27° 10′ 41″ ± 23″	39″
Marak	27 23 20 ± 7	27 22 31 ± 13	49
Farafrah	27 3 50 ± 6	27 3 1 ± 5	49
Gasr Dachel	25 42 14 ± 6	25 41 43 ± 3	31
Einsiedel I	25 37 15 ± 3	25 36 9 ± 4	66
Einsiedel II	25 25 36 ± 7	25 24 47 ± 23	49
Regenfeld	25 11 26 ± 7	25 10 48 ± 5	38
Sandheim	26 52 57 ± 9	26 52 5 ± 7	52
Sinah	29 12 27 ± 6	29 11 32 ± 9	55
Beharieh	28 21 27 ± 8	28 20 56 ± 27	31
Chargeh	25 26 53 ± 5	25 25 59 ± 11	54
Esneh	25 18 55 ± 5	25 17 31 ± 6	84
		Mittel	50″

Diese constante Differenz kann durch einen constanten Fehler der Höhenwinkel-Messung gut erklärt werden: Unmittelbar vor jeder Einstellung des Fernrohrs des Theodolits auf die Sonne oder den Stern pflegte ich nachzusehen, ob die mit der Alhidate des Horizontalkreises fest verbundene Libelle gut einspielte, und wenn dieses nicht der Fall war, wurde mit einer Stellschraube scharfes Einspielen zu Stande gebracht. Nun war aber diese zwischen den Fernrohrträgern und unter der aufgesetzten Bussole angebrachte Libelle durchaus nicht direct von oben oder genau seitwärts zu beobachten, sondern musste mit dem wenig vom Ocular entfernten Auge sehr schief betrachtet werden. Da nun die Libellentheilung auf der äusseren Glaswand eingerissen ist, die Blase aber sich an der inneren Glaswand verschiebt, so muss die Dicke der Glaswandung nothwendig eine Parallaxe erzeugen, und zwar in dem Sinn, dass die Blase einzuspielen scheint, während thatsächlich die Blasenmitte sich jenseits des Normalpunktes der Theilung befindet, und der gemessene Höhenwinkel wird um einen entsprechenden Betrag zu klein. Die aus Polarsternhöhen bestimmten Breiten müssen also um ebensoviel zu klein ausfallen als die aus Sonnen-Mittagshöhen bestimmten Breiten zu gross werden. Der constante Unterschied beider Resultate fand sich $= 50''$, es ist also anzunehmen, dass jeder in der beschriebenen Weise mit dem Theodolit gemessene Winkel um $25''$ zu klein erhalten wird. Die Empfindlichkeit der mit der Alhidate des Horizontalkreises fest verbundenen Libelle ist $15''$ auf einen Strich (von $2{,}2^{mm}$ Länge), es muss also angenommen werden, dass in Folge der erwähnten Parallaxe die Blasenmitte im Mittel um 1,7 Striche jenseits des Normalpunktes der Theilung sich befand.

Möglicherweise haben noch andere Ursachen mitgewirkt, dass aber ein constanter Fehler vorliegt, zeigt obige Zusammenstellung unzweideutig, und es scheint geboten, bei denjenigen Punkten, deren Breite auf zweifache Art bestimmt ist, das einfache arithmetische Mittel beider Bestimmungen als schliessliches Resultat anzunehmen, dagegen bei denjenigen Punkten, auf welchen nur Polarsternhöhen gemessen sind, das daraus gezogene Resultat um $25''$ zu vergrössern. Auf diese Weise ist die Zusammenstellung sämmtlicher gemessener Breiten auf S. 15 und 16 entstanden.

Was die Genauigkeit betrifft, so erscheint die constante Differenz selbst auf $4''$ sicher, wenn man die 12 Einzelwerthe, als deren arithmetisches Mittel sie gewonnen wurde, wie unabhängige Bestimmungen einer Unbekannten betrachtet. Da nun die Sonnen-Mittagsbreiten für sich schon auf $6''$ und die Polarisbreiten auf etwa $10''$ genau sind, abgesehen von dem constanten Fehler, so können die schliesslichen Resultate auf $5-10''$ sicher betrachtet werden.

Die gefundene constante Correction von $+25''$ ist auch bei den Höhenwinkeln angebracht worden, welche einzeln zur Ortszeit-Bestimmung gemessen worden sind, und deren Resultate schon in der Zusammenstellung auf S. 10 aufgeführt sind. Bei der meist sehr raschen Höhenänderung wurde die Ortszeit dadurch nicht wesentlich geändert, jedoch wurde z. B. bei den Ortszeit-Bestimmungen aus Mond- und Aldebaran-Höhen vom 26. December die Uebereinstimmung besser nach Anbringung der Correction von $+25''$ an der Breite und an den Zeithöhen, als vorher. Die beiden Ortszeiten hatten nämlich vorher um 15^s differirt, nachher um 6^s. Die Aenderung wird hier namentlich bei dem vom ersten Vertical ziemlich entfernten Mond bemerklich.

In einem Falle wurde Breite und Ortszeit zusammen aus einzelnen Sonnenhöhen mit Zwischenzeit von 1 Stunde bestimmt:

Bestimmung von Breite und Ortszeit in Tenidah.

Bei dem zweistündigen Aufenthalt in Tenidah am Vormittag des 20. März 1874 wurden mehrere Sonnenhöhen gemessen, welche zur Bestimmung von Breite und Ortszeit hinreichen, wir haben nämlich nach Elimination des Indexfehlers die folgenden scheinbaren Höhen des Sonnenmittelpunkts:

Erste Gruppe:		Zweite Gruppe:	
Chronometer	Scheinbare Höhe	Chronometer	Scheinbare Höhe
$21^h\ 2^m\ 12^s.5$	51° 14′ 12″	$22^h\ 6^m\ 58^s.0$	61° 2′ 0″
21 4 8.5	51 35 25	22 8 33.5	61 13 10
21 5 0.0	51 44 7	22 10 26.0	61 24 35
21 8 53.0	52 25 50	22 12 21.5	61 37 17
21 9 40.0	52 33 47	22 13 59.6	61 46 52

Lufttemperatur im Mittel = 20°, Barometer = 750^{mm}. Ausser Refraction und Parallaxe wurde noch nach dem Ergebniss der auf S. 13 mitgetheilten Untersuchung eine constante Correction von + 25″ an allen Höhen angebracht. Der Chronometergang kann für die kurze Zwischenzeit vernachlässigt werden.

Man findet hiermit:

Tenidah, südwestliches Thor, Breite = 25° 31′ 12″ Ortszeit — Chronometer = + $1^h\ 5^m\ 9^s.5$, wie schon auf S. 10 angegeben ist.

Zusammenstellung aller Breitenbestimmungen.

Bei den Lagerplätzen bezieht sich das Datum auf den Abend der Ankunft, entsprechend der Bezeichnung in der Karte.

Punkt.	Breite.	Punkt.	Breite.
Hamrah bei Siut	27° 11′ 0″	Lager 4. Januar 1874	26° 35′ 2″
Marak Mitte der östl. Mauer .	27 22 56	„ 5. „ „	26 15 55
Lager 21. December 1873 . .	27 30 55	Gasr Dachel nordwestl. Ecke .	25 41 58
„ 22. „ „ . .	27 31 54	Lager 16. Januar 1874 . . .	25 37 58
„ 23. „ „ . .	27 30 12	„ 17. „ „ . . .	25 37 9
„ 24. „ „ . .	27 23 30	Einsiedel I 18. Januar 1874 . .	25 36 42
„ 25. „ „ . .	27 20 0	Lager 21. Januar 1874 . . .	25 32 46
„ 26. „ „ . .	27 15 24	Einsiedel II 22. Januar 1874 .	25 25 12
Bir Mür 27. December 1873 .	27 9 17	Lager 26. Januar 1874 . . .	25 18 57
Bir Kerani 28. December 1873 .	27 6 46	„ 27. „ „ . . .	25 10 2
Lager 29. December 1873 . .	27 6 5	Regenfeld 28. Januar 1874 . .	25 11 7
Farafrah Gasr zwischen Dorf und Palmengarten	27 3 26	Lager 7. Februar 1874 . . .	25 43 43
		Ammonitenberge Lager 8. Febr.	25 59 37
Bir Diker 3. Januar 1874 . .	26 54 10	Lager 9. Februar 1874 . . .	26 18 26

Punkt.	Breite.	Punkt.	Breite.
Lager 10. Februar 1874 . . .	26° 35′ 29″	Lager 9. März	27° 44′ 27″
Sandheim 11. Februar 1874 . .	26 52 31	Ain-el-Uadi Lager 10. März . .	27 23 29
Lager 14. Februar 1874 . . .	27 34 0	Mut südwestl. Ecke 18. März .	25 29 4
„ 15. „ „ . . .	27 51 2	Lager 19. März nordöstl. von Balad	25 32 57
„ 16. „ „ . . .	28 10 40	Tenida südwestl. Ecke	25 31 12
„ 17. „ „ . . .	28 30 27	Lager 20. März Kadi	25 31 18
„ 18. „ „ . . .	28 48 56	„ 21. „	25 36 17
„ 19. „ „ . . .	29 3 53	„ 22. „	25 36 40
Siuah Caravanenhof.	29 12 0	El-Chargeh, nordöst. Ecke . .	25 26 26
Lager 25. Februar	29 8 2	Lager 26. März	25 18 44
„ 26. „	29 4 45	„ 27. „	25 17 37
Aradj, Lager 27. Februar . .	28 55 13	„ 28. „	25 18 53
Sitrah-See südl. Lager 1. März .	28 42 40	„ 29. „	25 22 31
Lager 5. März	28 25 17	„ 30. „	25 30 12
Beharieh, Bauiti 7. März . . .	28 21 12	Esneh, Nordende der Stadt am Nil	25 18 12

Die magnetische Declination.

Im Anschluss an die Messung von Breite und Ortszeit wurde gewöhnlich noch die Missweisung der Magnetnadel bestimmt, nämlich sowohl durch correspondirende Sonnenhöhen, als durch Polarstern-Beobachtung in der Dämmerung.

Da die einzige, bei den vorhandenen einfachen Mitteln zu stellende Aufgabe, nämlich Declinationsbestimmung für kartographische Zwecke, durch Beobachtung der Nadel in der Ruhelage gelöst werden konnte, so wurde von den zeitraubenden Beobachtungen der Schwingungen abgesehen, an welche jedenfalls in der kurzen, ausserdem zur Breitenmessung nöthigen, Dämmerungszeit nicht zu denken war. Da übrigens immer mehrere unabhängige Ablesungen gemacht wurden, zwischen denen die Nadel in Bewegung war, so kann ein erheblicher constanter Fehler sich hierbei nicht eingeschlichen haben.

Zur Ermittlung der von der Declinationsänderung der Sonne abhängigen „Meridianverbesserung“ wurde auf der Reise selbst ähnlich wie bei der Mittagsverbesserung eine zum Voraus für die Mittelbreite berechnete Tafel angewendet.

Meridianverbesserung für Azimuth-Bestimmung aus correspondirenden Sonnenhöhen für 28° N. Breite.

Jahreszeit.		Halbe Zwischenzeit				Jahreszeit.		Halbe Zwischenzeit			
		1ʰ	2ʰ	3ʰ	4ʰ			1ʰ	2ʰ	3ʰ	4ʰ
November	10	+0°05	+0°05	+0°06	+0°06	Januar	11	—0°03	—0°03	—0°03	—0°03
„	20	+ 0.04	+ 0.04	+ 0.05	+ 0.05	„	16	— 0.03	— 0.04	— 0.04	— 0.04
„	25	+ 0.03	+ 0.04	+ 0.04	+ 0.04	„	21	— 0.04	— 0.05	— 0.05	— 0.05
December	1	+ 0.03	+ 0.03	+ 0.03	+ 0.03	„	31	— 0.05	— 0.05	— 0.06	— 0.06
„	6	+ 0.02	+ 0.02	+ 0.03	+ 0.03	Februar	10	— 0.06	— 0.06	— 0.07	— 0.07
„	11	+ 0.01	+ 0.02	+ 0.02	+ 0.02	„	20	— 0.06	— 0.07	— 0.07	— 0.08
„	16	+ 0.01	+ 0.01	+ 0.01	+ 0.01	März	2	— 0.07	— 0.07	— 0.08	— 0.08
„	22	0.00	0.00	0.00	0.00	„	12	— 0.07	— 0.07	— 0.08	— 0.08
„	27	— 0.01	— 0.01	— 0.01	— 0.01	„	22	— 0.07	— 0.07	— 0.08	— 0.09
Januar	1	— 0.01	— 0.02	— 0.02	— 0.02	April	1	— 0.07	— 0.07	— 0.08	— 0.08
„	6	— 0.02	— 0.02	— 0.03	— 0.03	„	21	— 0.06	— 0.06	— 0.07	— 0.07
„	11	— 0.03	— 0.03	— 0.03	— 0.03	Mai	1	— 0.06	— 0.06	— 0.06	— 0.06

Unter Verweisung auf die später mitzutheilende Untersuchung des Instrumentes selbst in Betreff constanter Fehler geben wir die Messungen von Siuah als Beispiel:

Siuah 1874 Februar 21.

Bestimmung der magnetischen Declination durch correspondirende Sonnenhöhen.

Vormittags berührte die Sonne (scheinbar im Fernrohr) den unteren und den linksseitigen, Nachmittags den unteren und den rechtsseitigen Faden.

Höhenkreis.	Vormittag.			Nachmittag.			Mittel der Nadelablesungen.
	Chron.	Nadel.		Chron.	Nadel.		
		N	S		N	S	
131° 20′	9ʰ 30ᵐ	148°3	328°5	1ʰ 20ᵐ	227°6	47°4	7°950
131 50	9 35	149.3	329.2	1 17	226.5	46.5	7.875
132 10	9 39	149.9	329.8		225.7	45.9	7.825
132 30	9 40	150.6	330.6	1 11	224.9	44.8	7.725
Mittel	9ʰ 36ᵐ	149°525	329°525	1ʰ 16ᵐ	226°175	46°150	7°844 ± 0.024

Der mittlere Fehler einer einzelnen Bestimmung ergibt sich = ± 0°.094 und der mittlere Fehler des arithmetischen Mittels = ± 0°.024. Mit Hülfe der halben Zwischenzeit $1^h\ 50^m$ und der Breite 29° 12′ berechnet man die von der Declinationsänderung der Sonne herrührende Meridianverbesserung = — 0°.069 und hat damit die der Meridianvisur entsprechende Ablesung an der Nadel, oder vorbehältlich einer constanten Correction für Instrumentenfehler, die westliche Declination der Nadel:

7°.844 — 0°.069 = 7°.775.

Als zweite Methode wurde die Beobachtung des Polarsterns in der Abenddämmerung (gewöhnlich gleichzeitig mit der Breitenmessung) angewendet, wie folgendes Beispiel zeigt:

Siuah 1874 Februar 22 Abends.

Bestimmung der magnetischen Declination durch Beobachtung des Polarsterns.

Chronometer	Fernrohrlage	Nadel N	Nadel S	Mittel
$5^h\ 13^m\ 7^s$	I	6°.6	186°.5	6°.55
5 15 38	II	186.5	6.5	6.50
5 17 27	II	186.5	6.6	6.55
5 20 3	I	6.6	186.5	6.55
5 21 53	I	6.5	186.4	6.45
5 25 0	II	186.4	6.5	6.45

Mit den auf S. 10 und 16 gemachten Angaben berechnet man die westlichen Azimuthe des Polarsterns für die genannten 6 Zeitpunkte, nämlich beziehungsweise:

1°.10 1°.10 1°.11 1°.13 1°.14 1°.15.

Die Addition dieser Werthe zu den Mitteln der Nadelablesungen gibt die 6 Werthe für die magnetische Declination:

7°.65 7°.60 7°.66 7°.68 7°.59 7°.60,

deren arithmetisches Mittel ist 7°.63 ± 0°.02.

Wir geben im Folgenden die Zusammenstellung der sämmtlichen in der beschriebenen Weise gemachten Declinationsbestimmungen, nach der Zeitfolge geordnet, die Sonnenhöhen beziehen sich auf den Mittag und die Polarisbeobachtungen auf den Abend (Dämmerung) des betreffenden Tages.

Hamrah	1873	December	12	2 Polarisbeobachtungen	δ = 5°.91
"	"	"	16	14 Sonnenhöhen	5.92
Marak	"	"	19	4 Polarisbeobachtungen	6.10
"	"	"	20	10 Sonnenbeobachtungen	6.16
Lagerplatz	"	"	23	3 Polarisbeobachtungen	6.55

Lagerplatz	1873	December	25	4	Polarisbeobachtungen	$\delta = 6^\circ.58$
"	"	"	26	2	"	6.80
Bir-Mür	"	"	27	2	"	6.89
Bir-Keraui	"	"	28	2	"	6.89
Lagerplatz	"	"	29	2	"	6.96
Farafrah	"	"	30	2	"	7.21
"	"	"	31	4	Sonnenhöhen	6.67
Bir-Dikker	1874	Januar	3	2	Polarisbeobachtungen	7.08
Dachel	"	"	7	4	"	6.77
"	"	"	8	8	Sonnenhöhen	6.79
Einsiedel I	"	"	18	2	Polarisbeobachtungen	6.86
Einsiedel I	"	"	19	10	Sonnenhöhen	6.76
Einsiedel II	"	"	23	8	"	6.94
Einsiedel II	"	"	23	4	Polarisbeobachtungen	7.31
Regenfeld	"	"	28	4	"	7.14
"	"	"	29	8	Sonnenhöhen	7.24
Lagerplatz	"	Februar	9	6	Polarisbeobachtungen	7.69
"	"	"	10	4	"	7.58
Sandheim	"	"	11	4	"	7.52
Lagerplatz	"	"	16	4	"	7.49
Siuah	"	"	21	8	Sonnenhöhen	7.78
"	"	"	22	6	Polarisbeobachtungen	7.63
Sittrah-See	"	März	1	4	Polarisbeobachtungen	7.55
Beharieh	"	"	7	8	Sonnenhöhen	6.80
"	"	"	7	4	Polarisbeobachtungen	6.75
Farafrah	"	"	12	5	"	6.90
Lagerplatz	"	"	21	4	"	6.51
Chargeh	"	"	24	12	Sonnenhöhen	6.26
"	"	"	24	2	Polarisbeobachtungen	6.59
"	"	"	25	4	"	6.44
Lagerplatz	"	"	27	2	"	6.30
"	"	"	28	4	"	5.96
"	"	"	29	2	"	6.07
Esneh	"	April	1	4	"	5.83
"	"	"	2	10	Sonnenhöhen	6.19
"	"	"	2	4	Polarisbeobachtungen	5.83

Zur Beantwortung der Frage, ob zwischen den Mittags- und Abendbeobachtungen eine constante Differenz besteht, machen wir eine besondere Vergleichung. Die mit ± beigesetzten Beträge sind die mittleren Fehler, berechnet aus den Abweichungen der zusammengehörigen Einzelbestimmungen von ihrem arithmetischen Mittel.

Ort	Mittagsbeobachtung	Abendbeobachtung	Differenz
Hamrah	5°92 ± 0°02	5°91 ± 0°03	+ 0°01
Marak	6.16 ± 0.03	6.10 ± 0.06	+ 0.06
Farafrah	6.67 ± 0.04	7.21 ± 0.04	— 0.54
Dachel	6.79 ± 0.02	6.77 ± 0.13	+ 0.02
Einsiedel I	6.76 ± 0.01	6.86 ± 0.04	— 0.10
Einsiedel II	6.95 ± 0.04	7.23 ± 0.08	— 0.28
Regenfeld	7.24 ± 0.05	7.14 ± 0.05	+ 0.10
Siuah	7.78 ± 0.05	7.63 ± 0.02	+ 0.15
Beharieh	6.80 ± 0.02	6.75 ± 0.04	+ 0.05
Chargeh	6.29 ± 0.04	6.49 ± 0.05	— 0.20
Esneh	6.19 ± 0.03	5.83 ± 0.02	+ 0.36
		Mittel	— 0°03

Das einfache arithmetische Mittel der Differenzen zwischen Mittags- und Abendbeobachtungen ist — 0°03, doch ist dasselbe durch die Beobachtungsfehler so sehr beeinflusst, dass daraus kein Schluss auf die tägliche periodische Aenderung der Declination gezogen werden kann. (In Deutschland ist im Winter die westliche Declination Mittags um etwa 0°06 grösser als Abends.) Da die Genauigkeit der Mittags- und Abendbeobachtungen nahezu gleich ist, und die Differenz beider auch von unregelmässigen Declinationsschwankungen herrührt, nehmen wir als Resultat das einfache arithmetische Mittel beider Bestimmungen.

Vor Angabe der endgültigen Resultate sind jedoch noch die constanten Instrumentenfehler zu bestimmen, nämlich der Collimationsfehler der Bussolentheilung und die Convergenz zwischen der geometrischen und der magnetischen Axe der Nadel.

Untersuchung des Collimationsfehlers der Bussolentheilung.

Es handelt sich darum, zu wissen, ob die gerade Verbindungslinie der Theilstriche für 0° und 180° der Bussolentheilung parallel der horizontal gestellten Fernrohraxe ist. Zum Zweck dieser Untersuchung wurden zwei besonders gearbeitete Diopter auf die Bussolentheilung über den Strichen 0° und 180° aufgesetzt. Wurde dann mit diesen Dioptern ein sehr entfernter Zielpunkt anvisirt, so musste auch am Fadenkreuz des Fernrohrs derselbe Zielpunkt erscheinen. Wegen der Excentricität des Fernrohrs war es jedoch bei Zielpunkten von kleinerer Entfernung, die sich für das Anvisiren mit dem Diopter mehr eignen, nöthig, in 2 Lagen zu beobachten. Die erste derartige Untersuchung gestaltete sich so:

Lage I: Einstellen der Diopter auf einen beliebigen Zielpunkt gibt am Limbus des Horizontalkreises die Ablesung = 279° 23′ und Einstellen des Fernrohrs auf denselben Zielpunkt gibt die Ablesung am Limbus des Horizontalkreises = 279° 44′. Nach dem Durchschlagen des Fernrohrs erhält man die entsprechenden Ablesungen 279° 22′ und 279° 35′, woraus folgt, dass der Bussolendurchmesser 0°—180°, über welchem die Diopter aufgestellt waren, und die Fernrohraxe convergiren um den Winkel:

$$\tfrac{1}{2}(279^\circ 23' + 279^\circ 22') - \tfrac{1}{2}(279^\circ 44' + 279^\circ 35') = -17'.0$$

und zwar trifft in beiden Lagen die Ziellinie des Fernrohrs links von dem mit den Diopteru anvisirten Punkt.

Damit nicht durch die Stellung der Diopter ein constanter Fehler erzeugt werden konnte, wurden dieselben vor jeder Beobachtung neu aufgesetzt.

Solcher Bestimmungen wurden 20 in 2 Reihen gemacht, die erste Reihe gibt folgende Werthe des Convergenzwinkels in Minuten:

17.0 16.8 16.0 15.0 16.0 17.8 15.5 17.0 18.5 14.5.

Das arithmetische Mittel hieraus ist $= 16'.4 \pm 0'.4$.

Die zweite Beobachtungsreihe gab:

16.8 16.3 20.7 15.2 20.7 18.7 19.0 16.7 18.5 15.8.

Das arithmetische Mittel ist $17'.8 \pm 0'.6$.

Der mittere Fehler einer einzelnen Bestimmung folgt aus der ersten Reihe $= \pm 1'.3$ und aus der zweiten Reihe $= \pm 2'.0$. Obgleich die erste Reihe etwas zuverlässiger erscheint als die zweite, ist es doch geboten, das einfache arithmetische Mittel, nämlich $17'.1 = 0^\circ.285$ als Collimationsfehler der Bussolentheilung zu nehmen, und zwar werden alle Ablesungen an der Nadel um so viel zu gross erhalten, weil die Theilung der Bussole von rechts nach links, nämlich entgegengesetzt der Theilung des Theodolit-Horizontalkreises geht; es ist also die Correction jeder Ablesung an der Nadel und damit die Correction der mit der Nadel bestimmten westlichen Missweisung $= -0^\circ.285$.

Untersuchung der magnetischen Axe der Magnetnadel.

Eine Abweichung der magnetischen Axe der Nadel von deren geometrischer Axe findet man durch Umlegen der Nadel, zu welchem Zwecke das Achathütchen in ein entsprechendes Loch der Nadel von beiden Seiten eingeschraubt werden kann. Bei allen auf der Expedition gemachten Beobachtungen blieb die Nadel in einer bestimmten (durch einen Punkt bezeichneten) Lage.

Ist I die in dieser Lage gemachte Ablesung, und II die entsprechende in der umgekehrten Lage bei unverrückter Theilung gemachte Ablesung, so ist II—I der doppelte Winkel zwischen der geometrischen und der magnetischen Axe und $\frac{II-I}{2}$ die Correction, welche allen (an der geometrischen Axe gemachten) Ablesungen in Lage I zugefügt werden muss.

Zur Bestimmung von II—I wurden zwei Reihen von Versuchen an zwei verschiedenen Tagen angestellt, es fand sich:

am 1. Juli 1875 Mittel aus 36 Versuchen: $II-I = +0^\circ.121$
am 4. Juli 1875 Mittel aus 72 Versuchen: $II-I = +0^\circ.133$
Man hat also mit hinreichender Sicherheit: $\frac{II-I}{2} = +0^\circ.065$

und es ist die Gesammtcorrection der mit der Nadel bestimmten westlichen Missweisung die Summe der Correctionen für Collimationsfehler der Theilung und für Abweichung der magnetischen Axe, d. h.

$$\text{Gesammtcorrection} = -0^\circ.285 + 0^\circ.065 = -0^\circ.22$$

und damit lassen sich die endgültigen Resultate angeben:

Ort	Zeit			Declination westl.	Ort	Zeit			Declination westl.
Hamrah bei Siut	1873	December	15	5°70	Regenfeld	1874	Januar	28	6.97
Marak	„	„	20	5.91	Lagerplatz	„	Februar	9	7.47
Lagerplatz	„	„	23	6.33	Lagerplatz	„	„	10	7.36
Lagerplatz	„	„	25	6.36	Sandheim	„	„	11	7.30
Lagerplatz	„	„	26	6.58	Lagerplatz	„	„	16	7.27
Bir-Mür	„	„	27	6.67	Siuah	„	„	21	7.48
Bir-Keraui	„	„	28	6.67	Sittrah-See	„	März	1	7.33
Lagerplatz	„	„	29	6.74	Beharieh	„	„	7	6.56
Farafrah	„	„	29	6.72	Lagerplatz	„	„	21	6.29
Farafrah	1874	März	12	6.68	Chargeh	„	„	24	6.17
Bir-Diker	„	Januar	3	6.86	Lagerplatz	„	„	27	6.08
Dachel	„	„	7	6.56	Lagerplatz	„	„	28	5.74
Einsiedel I	„	„	18	6.59	Lagerplatz	„	„	29	5.85
Einsiedel II	„	„	23	6.87	Esneh	„	April	2	5.79

Mit Hülfe der Declinationsbestimmungen, welche Cailliaud im Winter 1819—1820 in den Oasen gemacht hat, kann man die mittlere jährliche Aenderung berechnen (vergl. Cailliaud IV S. 63, 65, 66, 69). Folgendes ist die Vergleichung:

Siuah December 1819	$\delta = 13°0$	Februar 1874	$\delta = 7°5$	Aenderung = — 5°5
Beharieh Januar 1820	$\delta = 12.2$	März 1874	$\delta = 6.6$	Aenderung = — 5.6
Farafrah Februar 1820	$\delta = 12.5$	Februar 1874	$\delta = 6.7$	Aenderung = — 5.8
Chargeh März 1820	$\delta = 12.2$	März 1874	$\delta = 6.2$	Aenderung = — 6.0.

Die mittlere jährliche Abnahme der westlichen Declination beträgt hiernach 0°106 oder dasselbe, was auch in Europa in diesem Jahrhundert beobachtet worden ist.

Bestimmung der geographischen Länge durch Monddistanzen.

Untersuchung der Sextantenfehler.

Da die Monddistanzen-Messung mit einem Sextanten bedeutenden Fehlern unterworfen ist, so ist ein genauer Nachweis über die Bestimmung der Instrumentenfehler eben so nothwendig, als der Nachweis über die Messungen selbst.

Untersuchung des Nonius und genäherte Bestimmung der Excentricität.

Die Limbustheilung gibt unmittelbar 20′ und die Nonienangabe ist 20″.

Wenn daher an irgend welcher Stelle des Limbus 59 Limbustheile nicht genau gleich 60 Nonientheilen sich ergeben, so muss jede Ablesung am Nonius eine Verbesserung erhalten, und wenn die Nonien-

länge, an verschiedenen Stellen der Limbustheilung gemessen, verschieden gross erscheint, so kann man aus der Veränderung des Verhältnisses zwischen Limbustheilung und Nonientheilung einen Schluss auf die Excentricität der Alhidate ziehen.

Wir nehmen folgende Bezeichnungen an:

Bei irgend welcher Stellung der Alhidate stehe der Nullstrich des Nonius auf dem Strich des Limbus mit der Bezifferung α (also wahrer Winkel $= \frac{\alpha}{2}$).

Die Verbindungslinie des Limbusmittelpunktes mit dem Alhidatendrehpunkt treffe die Limbustheilung bei der Ziffer φ (im Azimuth $\frac{\varphi}{2}$ von 0 an gezählt).

Die Excentricität, d. h. der Abstand des Alhidatendrehpunkts vom Limbusmittelpunkt sei e.

Der Winkel zwischen den zwei Strahlen, vom Adhidatendrehpunkt nach den Endstrichen des Nonius gezogen, sei $\frac{n}{2}$ (die nominelle Nonienlänge $= n$).

Der Winkel zwischen den zwei Strahlen, vom Limbusmittelpunkt nach den Endstrichen des Nonius gezogen. sei $\frac{n'}{2}$.

Der Kreishalbmesser sei r.

Der Werth $n - n'$, ist:

$$n - n' = \frac{4 e \varrho}{r} \sin \frac{n}{4} \cos\left(\frac{\alpha}{2} + \frac{n}{4} - \frac{\varphi}{2}\right)$$

dabei ist $\varrho = 206265''$ für Sekundenmaass.

Wenn der Alhidatendrehpunkt genau mit dem Mittelpunkt der Nonientheilung zusammenfiele, und wenn der Nonius das ihm theoretisch zugewiesene Limbusintervall dann genau deckte, wenn die Alhidate rechtwinklig zur Verbindungslinie zwischen Limbusmittelpunkt und Alhidatendrehpunkt steht, so wäre der obige Werth $n - n'$ die mittelst der Uebertheilung ablesbare Differenz zwischen der Nonienlänge und dem entsprechenden Limbusintervall. Da aber diese Annahmen in Betreff des Nonius nicht gemacht werden können, so muss man setzen:

$$u = x + \frac{4 e \varrho}{r} \sin \frac{n}{4} \cos\left(\frac{\alpha}{2} + \frac{n}{4} - \frac{\varphi}{2}\right) \tag{1}$$

wobei x eine Constante ist und u die an der Uebertheilung abgelesene Differenz zwischen der Nonienlänge und dem theoretisch zugehörigen Limbusintervall. u ist negativ oder positiv, je nachdem der Nonius über das ihm zugewiesene Limbusintervall übergreift oder es nicht erreicht.

Hat man eine Reihe Werthe u bei verschiedenen Alhidatenstellungen beobachtet, so lassen sich daraus die 2 Constanten e und φ der Gleichung (1) bestimmen (nebst der nicht weiter gebrauchten Constanten x).

Bezeichnet man endlich mit w den zu messenden Winkel, d. h. mit $\frac{w}{2}$ den Winkel zwischen denjenigen zwei Alhidatenlagen, welche den Ablesungen 0 und α entsprechen, so ist die Sextantencorrection für die Ablesung α ausgedrückt durch die Formel:

$$w - \alpha = \frac{2 e \varrho}{r} \left(\sin \frac{\varphi}{2} - \sin\left(\frac{\varphi - \alpha}{2}\right)\right) \tag{2}$$

Zur Untersuchung unseres Sextanten sind 580 Ablesungen von u gemacht, nämlich je 20 für jede

Alhidatenstellung, bei welcher die Noniusnull in der Gegend von 0° 5° 10° . . . stand. Die 29 arithmetischen Mittel von u, entsprechend den Werthen α = 0° 5° 10°. . . 140° sind in Sekunden:

— 11.0	— 2.4	— 27.2	— 28.2	— 34.0	— 50.5	— 27.8	
— 22.8	— 30.5	— 30.5	— 34.5	— 37.0	— 36.8	— 30.5	
— 32.0	— 30.0	— 44.5	— 35.5	— 33.5	— 30.0	— 24.5	
— 25.0	— 27.0	— 38.0	— 37.5	— 40.0	— 26.0	— 28.5	— 22.0

das arithmetische Mittel dieser Zahlen ist — 30.3; der Verlauf dieser Zahlenreihe gibt periodische Theilungsfehler zu erkennen.

Dieser Zahlenreihe wurde, entsprechend Gl. (1), folgende Interpolationsformel angepasst:

$$u = 4.86 + 36.9 \cos (225^0 - \frac{\alpha}{2})$$

der mittlere Fehler einer Bestimmung ergab sich $= \pm 8''$ und die mittleren Fehler der 3 Werthe 4.86, 36.9 und 225° fanden sich beziehungsweise ± 5.6, ± 6.0 und $\pm 71^0$.

Der Coefficient 36.9 ist nach Gl. (1) $= \frac{4e\varrho}{r} \sin \frac{n}{4}$, n ist $= 19^0\ 40'$, also $\frac{2e\varrho}{r} = 215$ und da $r = 120^{mm}$, hat man auch $e = 0.06^{mm}$. Der Alhidatendrehpunkt liegt also auf dem Halbmesser für den Theilstrich $225^0 + \frac{n}{4} = 230^0$, d. h. auf der Rückverlängerung des Halbmessers für den Theilstrich 50°, 0.06^{mm} vom Limbusmittelpunkt abstehend.

Endlich erhält man die Correctionsformel nach (2):

$$\varDelta\,\alpha = 215'' \left(\sin 230^0 - \sin (230^0 - \frac{\alpha}{2})\right). \qquad (2a)$$

Diese Formel gibt für $\alpha = 60^0$ $\varDelta\,\alpha = -91''$ und für $\alpha = 120^0$ $\varDelta\,\alpha = -202''$. Es sind jedoch die nach dieser Formel berechneten Correctionen sehr unsicher und zwar nach Ausweis der obigen Fehlerberechnung nicht sowohl wegen des Coefficienten 215″, welcher durch die Ausgleichungsrechnung auf ¼ seines Werthes genau angegeben wurde, sondern wegen des Winkels 230°, welcher um 70° unsicher ist.

Der praktische Werth der ganzen vorstehenden Untersuchung lässt sich dahin zusammenfassen, dass der Sextant alle Winkel zu gross misst. Die im folgenden Abschnitt behandelte Untersuchung wird dieses bestätigen, aber die absoluten Werthe der Correctionen kleiner geben, und dieses lässt sich auch erklären durch Betrachtung des Verlaufs der Zahlenreihe der Werthe u (s. o.). Macht man eine graphische Darstellung derselben, so sieht man zweifellos eine Periodicität mit einem Minimum sowohl am Anfang als am Ende. Dadurch musste nothwendig die ausgleichende Curve zu sehr gekrümmt werden, womit zusammenhängt, dass die Sextantencorrectionen durch die Formel (2a) zu gross angegeben werden.

Das Uebergreifen des Nonius über das zugehörige Limbusintervall hat auch zur Folge, dass jede Nonienablesung an und für sich zu gross erhalten wird, unabhängig von der Stellung des Noniusnullstrichs. Das Uebergreifen beträgt im Mittel 30″, also die entsprechende Ablesungscorrection im Mittel — 15″, was nahezu dem Ablesungsfehler gleichkommt. Am Anfang der Limbustheilung wäre eine solche Correction am nöthigsten, wegen der grossen Anzahl von Ablesungen für den Indexfehler, welche alle immer nahezu an derselben Stelle gemacht werden, allein glücklicher Weise beträgt das Uebergreifen bei 0° des Limbus nur 11″ und bei 5° nur 2″, weshalb die entsprechende Correction wohl vernachlässigt werden kann. Was dann die Ablesungen an anderen Stellen des Limbus betrifft, so wäre eine Correction

deswegen misslich, weil bei Benützung der letzten Nonienstriche, bei welchen die Correction am grössten wäre, anzunehmen ist, dass der Beobachter nicht nur die letzten, sondern auch die ersten Nonienstriche ins Auge gefasst und deshalb den Fehler bereits theilweise unschädlich gemacht hat. Monddistanzen ändern sich so rasch, dass bei einer Gruppe von 10—20 Ablesungen schon sehr verschiedene Nonienstriche in Anwendung kommen, also ein etwaiger solcher Fehler sich vertheilt.

Aus diesen Gründen werden Fehler, welche von unrichtiger Nonienlänge herrühren, bei der im Folgenden zu behandelnden endgültigen Bestimmung der Sextantenfehler zum weitaus grössten Theil aufgehoben, weshalb wir keine weitere Rücksicht darauf nehmen.

Untersuchung der Blendgläser.

Der Einfluss, welchen die Blendgläser wegen nicht genau planparallelen Schliffs auf die Resultate der Winkelmessungen ausüben, wurde bestimmt durch eine grosse Zahl von Indexfehler-Bestimmungen, ausgeführt durch Sonnenbeobachtungen mit verschiedenen Combinationen und Stellungen der Gläser. Die Gläser konnten in ihren Fassungen gedreht werden, es sind jedoch auf der Expedition alle Messungen mit vollständig unveränderten, durch eingerissene Marken als Normalstellungen bezeichneten Stellungen der Blendungen gemacht. Wir bezeichnen die wahre Indexcorrection, welche man durch Sonnenbeobachtung mit Ocularblendung, also ohne jede Spiegelblendung, erhält, mit x; die Werthe, um welche diese Indexcorrection verändert wird, wenn die Blendungen in ihren Normalstellungen angewendet werden, seien bezhw.:

+ [1] für das rothe Glas vor dem grossen Spiegel,
+ [3] für das grüne Glas vor dem grossen Spiegel,
+ (1) für das rothe Glas vor dem kleinen Spiegel.

Ein zweites hellrothes Glas vor dem grossen Spiegel und ein grünes Glas vor dem kleinen Spiegel bleiben ausser Betracht.

Wenn die Gläser um 180° gedreht angewendet werden, sind die betreffenden Einflüsse bezhw. — [1] — [3] — (1). Auch das grüne Glas wurde, mit Lampenruss geschwärzt, zur Sonnenbeobachtung angewendet, weshalb es möglich wurde, diejenigen 2 Gläser, auf welche es fast allein ankommt, in den nöthigen Combinationen anzuwenden. Bei Tagesbeobachtungen ist nämlich immer der Mond unmittelbar ohne Blendung, die Sonne mit rother Blendung vor dem grossen Spiegel anvisirt, bei Nachtbeobachtungen der Stern direct ohne Blendung und der Mond mit grüner Blendung vor dem grossen Spiegel, zuweilen auch bei Nacht der Mond ohne Blendung (mit Jupiter). Es handelt sich also nur um die Werthe [1] und [3] für die Blendgläser-Untersuchung.

Es sind in der Zeit vom 14.—17. September 1874 165 Einzelbestimmungen des Indexfehlers mit je 2 Einstellungen der Sonnenränder gemacht. Der wahre Indexfehler (mit Ocularblendung) ist durch 9 Gruppen von je 5 solcher Einzelbestimmungen zu Anfang, während des Verlaufs vertheilt, und am Ende der ganzen Operation gemessen, so dass seine etwaige Aenderung thunlichst eliminirt wird. Für jede Combination der Blendungen sind 3 Gruppen von je 5 Einzelbestimmungen genommen.

Die wahre Indexcorrection ergab sich im Mittel: $x = -6' \, 51''.7$, die Indexcorrection mit beiden rothen Gläsern in der Normalstellung wurde $x + [1] + (1) = -7' \, 19''.3$ u. s. w. Mit Weglassung des constanten Werthes $-6'$ hat man die sämmtlichen derartigen Bestimmungen in Zusammenstellung:

$$
\begin{array}{lll}
x = -51.7 & \text{Gewicht} & = 3 \\
x + [1] + (1) = -79.3 & \text{"} & = 1 \\
x + [1] - (1) = -81.0 & \text{"} & = 1 \\
x - [1] + (1) = -28.7 & \text{"} & = 1 \\
x - [1] - (1) = -35.3 & \text{"} & = 1 \\
x + [3] + (1) = -36.3 & \text{"} & = 1 \\
x + [3] - (1) = -47.3 & \text{"} & = 1 \\
x - [3] + (1) = -59.3 & \text{"} & = 1 \\
x - [3] - (1) = -64.3 & \text{"} & = 1\,.
\end{array}
$$

Hieraus findet man die 4 Unbekannten mit ihren mittleren Fehlern:

$$
\begin{array}{ll}
x = -53''\!.3 \pm 1''\!.1 & (1) = +3''\!.0 \pm 1''\!.3 \\
[1] = -24''\!.1 \pm 1''\!.9 & [3] = +10''\!.0 \pm 1''\!.9\,.
\end{array}
$$

Die Quadratsumme der übrigbleibenden Fehler ist $[p\delta\delta] = 69.8$ und der mittlere Fehler einer Bestimmung vom Gewicht 1 ist $= \pm 3''\!.7$. Das Gewicht 1 entspricht einer Anzahl von 15 Einzelbestimmungen, weshalb der mittlere Fehler einer solchen Einzelbestimmung sich $= \pm 3.7\sqrt{15} = \pm 15''$ ergibt. Zu einer Einzelbestimmung des Indexfehlers waren zwei Beobachtungen der Sonnenränder-Berührung nöthig, indem der Indexfehler sich ergibt als arithmetisches Mittel der Sextantenablesungen, welche diesen Ränderberührungen entsprechen; es ist also der mittlere Fehler einer mit dem Sextanten gemachten Einstellung und Ablesung $= \pm\sqrt{2}\,15'' = \pm 20''$. Da der Nonius unmittelbar $20''$ abzulesen gestattet, erscheint dieser Betrag etwas gross und muss vielleicht durch die Annahme einer Aenderung des Indexfehlers während der Dauer der Untersuchung erklärt werden; jedenfalls sind aber die Hauptresultate [1] und [3] hinreichend genau.

Ein weiteres Urtheil über die Genauigkeit der ganzen Operation wird erhalten durch Vergleichung des wahren Sonnendurchmessers mit der Bestimmung desselben, welche durch die Beobachtungen der Ränderberührungen geliefert wird. Es ist nämlich der Sonnendurchmesser gleich der halben Differenz der Sextantenablesungen, welche den Ränderberührungen entsprechen.

Aus unseren Beobachtungen findet sich die halbe Differenz im Mittel $= 31'\,50''\!.8$ (der Sextant wurde immer horizontal gehalten), während nach der Ephemeride für jene Zeit der Sonnendurchmesser $= 31'\,54''\!.4$ war. Der Widerspruch von $3''\!.6$ dürfte auf einen constanten Fehler in der Einstellung der Berührung zurückzuführen sein, doch ist der Werth $1''\!.8$, um welchen hiernach der Sonnenhalbmesser zu klein gesehen würde, nicht erheblich und gibt Beruhigung wegen etwaiger constanter Fehler bei den Monddistanzen-Messungen selbst.

Als Gesammtresultat haben wir nun:

1. Bei allen Distanzmessungen zwischen Sonne und Mond, wobei die Sonne mit rother Blendung vor dem grossen Spiegel und der Mond unmittelbar ohne Blendung anvisirt ist, hat zu der eigentlichen Indexcorrection noch hinzuzutreten, zur Elimination des Blendungsfehlers, eine besondere Correction im Betrag von $-24''$.

2. Bei den Distanzmessungen zwischen einem Stern und dem Mond, wobei der Stern unmittelbar ohne Blendung und der Mond mit grünem Glas vor dem grossen Spiegel anvisirt wurde, hat man eine besondere Blendungscorrection im Betrag von $+10''$.

Untersuchung der Sextantentheilung durch Messung bekannter Winkel.

Kann man sich den genauen Werth eines mit dem Sextanten messbaren Winkels verschaffen, so hat man damit eine untrügliche Probe für die Theilung.

Terrestrische Winkel, welche man etwa zuvor genau mit dem Theodolit und dann mit dem Sextanten messen wollte, sind hierzu nicht geeignet, weil die Zielpunkte bei grosser Entfernung gewöhnlich so schwach und ungleichartig beleuchtet sind, dass sie in dem kleinen Sextanten-Fernrohr zu undeutlich erscheinen, bei nahen, besonders für diesen Zweck eingerichteten Zielpunkten macht die Sextantenparallaxe Schwierigkeiten.

Am sichersten kommt man zum Ziel, wenn man die Distanz zweier Himmelskörper misst, welche man genau berechnen kann, nämlich entweder eine Fixstern-Distanz oder eine Monddistanz an einem Orte von bekannter Länge. Allerdings muss man die aus Retascensionen und Declinationen berechnete Distanz wegen Refraction und eventuell wegen Parallaxe reduciren.

Alle derartigen Vergleichungen, welche für den vorliegenden Zweck gemacht sind, nebst einer anderen Vergleichung (unter 2) sind im Folgenden nach der Zeitfolge geordnet zusammengestellt. Die Fixstern-Distanzen wurden wegen Refraction ähnlich wie Monddistanzen reducirt.

1. Am 29. September 1869 Vorm. (28. Sept. astr.) wurde die Länge von Karlsruhe durch 27 Distanzen zwischen Mond und Sonne bestimmt zu $33^m 46^s$ östl. Greenwich. Dabei ist nach Angabe der Vierteljahrsschrift der astr. Gesellschaft, IX. Band (1874), S. 187, die Länge des Mondes um $5''$ kleiner angenommen als der Nautical Almanac gibt. Die anderweitig genau bestimmte Länge des Beobachtungsortes ist $33^m 40^s$, die Distanz war 84^0 abnehmend, betrachtet man den Längenfehler 6^s als herrührend von einem Sextantenfehler, so hat man:

bei 84^0 Sextantencorrection $= -3''$.

2. Am 21. Januar 1874 wurde auf Regenfeld die Breite aus 17 Sonnen-Mittagshöhen über dem künstlichen Horizont $= 25^0 10' 34''$ bestimmt, während diese Breite nach S. 15 zuverlässig $= 25^0 11' 7''$ angenommen werden kann, der Breitenfehler $33''$ gibt:

bei 95^0 Sextantencorrection $= -1' 6''$.

3. **Esneh**, 2. April 1874, Abends 9^h. 20 Distanzen zwischen Mond und Jupiter gaben im Mittel die Längen von Esneh $= 2^h 9^m 41^s$ v. Gr. und zwar mit Rücksicht auf eine Verbesserung des im Nautical Almanac gegebenen Mondorts, nämlich $-0^s.58$ in Rectascension und $+2''$ in Declination.*) Nun ist aber die genaue Länge von Esneh $= 2^h 10^m 16^s$ v. Gr.**) Die Monddistanzen gaben also den Fehler -35^s, die Distanz war wachsend, mit Aenderung von $30'$ in 1^h, und da Esneh östlich von Greenwich liegt, folgt, dass man jenen Längenfehler erklären kann durch einen Sextantenfehler von $+17''$. Die abgelesene Distanz war ungefähr 28^0 also:

bei 28^0 ist die Sextantencorrection $= -17''$.

4. **Esneh**, 3. April 1874. 20 Distanzen zwischen Mond und Jupiter gaben die Länge $2^h 9^m 41^s$ mit einer wachsenden Distanz von ungefähr 40^0, es folgt daraus wie im vorigen Fall:

bei 40^0 ist die Sextantencorrection $= -16''$.

*) Vergl. S. 30.
**) Vergl. S. 5.

5. Die Fixsterndistanz Arctur- η ursae majoris wurde am 16. September 1874 in Carlsruhe 10 Mal und am 24. September 20 Mal gemessen. Die Reduction der wahren, aus Rectascension und Declination berechneten Distanz auf scheinbare Distanz und Vergleichung mit dem Messungsresultat gab im Mittel

bei 30° Sextantencorrection $= + 10''$.

6. Die Distanz Arctur-Wega am 25. September, 26. September, 1. October, 6. October 1874 zusammen 90 Mal gemessen gab im Mittel:

bei 59° Sextantencorrection $= - 52''$.

7. Adler-Schwan am 27. September und 7. October 50 Mal gemessen gab:

bei 38° Sextantencorrection $= + 6''$.

8. Capella-Wega am 28. September, 1. October, 6. October 50 Mal gemessen gab:

bei 93° Sextantencorrection $= - 21''$.

9. Saturn-Wega am 30. September 30 Mal:

bei 65° Sextantencorrection $= - 16''$.

10. Capella-Adler am 1. October und 6. October 40 Mal:

bei 115° Sextantencorrection $= - 36''$.

11. Regulus-Capella am 23. und 24. Mai 1875 zusammen 15 Mal gemessen gab:

bei 70° Sextantencorrection $= - 19''$.

12. Jupiter-Regulus am 25. Mai und 1. Juni zusammen 37 Mal gemessen:

bei 54° Sextantencorrection $= - 46''$.

13. Spica- β Leonis am 2. Juni 20 Mal gemessen:

bei 35° Sextantencorrection $= - 37''$.

Man könnte versucht sein, die unter 1 und 2 genannten Messungen auszuscheiden, weil die erste 4 Jahre vor der Expedition gemacht ist und das Instrument in dieser Zeit sich geändert haben kann, und weil die zweite weniger genau ist als die anderen. Da aber die andern Versuche, mit Ausnahme von 3. und 4. (Esneh), nach den Messungen, um deren Correction es sich handelt, angestellt sind, nämlich 1—2 Jahre später, so schien es gerade wünschenswerth, jene ersten Versuche beizubehalten.

Man hat daher folgende nach der Sextantenablesung α geordnete Zusammenstellung der gefundenen Correctionen $\Delta\alpha$

$\alpha =$	28°	30°	35°	38°	40°	54°	59°	65°	70°	84°	93°	95°	115°
$\Delta\alpha =$	$-17''$	$+10''$	$-37''$	$+6''$	$-16''$	$-46''$	$-52''$	$-16''$	$-19''$	$-3''$	$-21''$	$-66''$	$-36''$.

Unter Annahme gleicher Gewichte für alle 13 Werthe wurde hiernach die Interpolationsformel gebildet:

$$\Delta\alpha = -0.511\,\alpha + 0.0016\,\alpha^2. \tag{3}$$

Der mittlere Fehler einer Bestimmung ergab sich hiebei $= \pm 21''.4$ und für den mittleren Fehler M eines Werthes $\Delta\alpha$, welcher zu irgend einem Werthe α gehört, fand sich die Formel:

$$M = \pm 21''.4 \sqrt{0.000212\,\alpha^2 - 0.00000468\,\alpha^3 + 0.0000000280\,\alpha^4},$$

womit man folgende zusammengehörige Werthe von α und M berechnet:

$$\alpha = 0^\circ \quad 30^\circ \quad 60^\circ \quad 90^\circ \quad 120^\circ$$
$$\text{entsprechend } M = 0'' \pm 6'' \pm 7'' \pm 8'' \pm 19''.$$

Für den grössten Theil der bei den Messungen benützten Sextantentheilung beträgt hiernach der mittlere Fehler der gefundenen Correction oder der mittlere von der Sextantentheilung herrührende Fehler 6″ bis 10″, was ein immerhin zufriedenstellendes Resultat ist.

Es wurde noch ein Versuch mit Ausscheidung der oben erwähnten 2 Beobachtungen, nämlich — 3″ bei 84° und — 66″ bei 95° gemacht. Diese zwei Werthe weichen in entgegengesetztem Sinne von dem Mittel der übrigen ab, es ist deswegen zu erwarten, dass ihre Weglassung das Resultat wenig beeinflussen wird, und in der That erhält man ohne sie statt (3) die Formel

$$\varDelta \alpha = -0.579\, \alpha + 0.00261\, \alpha^2, \tag{4}$$

welche nur bei den grösseren Werthen von α einige Sekunden Unterschied in $\varDelta\alpha$ gegen die Resultate von (3) gibt. Dagegen wird der mittlere Fehler einer Bestimmung bei (4) kleiner, nämlich $= \pm 19''$ gegen $\pm 21''$ bei (3).

Ueber die Genauigkeit der im Vorstehenden behandelten Untersuchung ist noch eine allgemeine Bemerkung zu machen: Es sind im Ganzen 446 Fixsterndistanzen und ähnliche Winkel gemessen und hieraus hätten die Correctionen sich viel genauer berechnen lassen sollen, als auf etwa 6 bis 10″, wie sich ergeben hat, wenn keine anderen als Einstellungs- und Ablesungsfehler wirksam wären; auch Theilungsfehler können kaum alle Unregelmässigkeiten erklären; man wird vielmehr annehmen müssen, dass die Excentricität selbst innerhalb gewisser Grenzen veränderlich ist. Die gefundenen Fehler lassen sich erklären durch eine Excentricität von nur etwa 0.03^{mm}; und die Annahme, dass diese Excentricität selbst um ¼ ihres Werthes veränderlich ist, wird gewiss zulässig sein. Es kann sich also nur darum handeln, die Ablesungscorrectionen für den Mittelwerth der Excentricität zu bestimmen, und das scheint erreicht zu sein, wesshalb weitere Fortsetzung der mühsamen Untersuchung nicht mehr gemacht worden ist.

Mit Umgehung der Formel (4) bilden wir nach (3) folgende Hauptwerthe einer Correctionstafel, wobei α die an irgend einer Stelle der Sextantentheilung gemachte Ablesung, und $\varDelta\alpha$ die entsprechende Correction ist.

$\alpha =$	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°	130°
$\varDelta\alpha =$	0″	— 5″	— 10″	— 14″	— 18″	— 22″	— 25″	— 28″	— 31″	— 33″	— 35″	— 37″	— 38″	— 39″

(Die Verwendung eines Prismenkreises statt des Sextanten hätte den grössten Theil der vorstehenden Fehleruntersuchung überflüssig gemacht. —)

Correctionen der Mondörter.

In Folge einer Anfrage bei dem Director der Sternwarte von Greenwich wurden die folgenden an den Angaben des Nautical-Almanac anzubringenden Correctionen mitgetheilt, wofür hiemit öffentlicher Dank ausgesprochen wird. Die Correction der Mondparallaxe, welche unter Umständen ganz in die Distanz eingeht, ist nicht mitgetheilt.

Corrections to the Moon's Tabular Right Ascension and North-Polar-Distance, deduced from observations made with the Transit-Circle and with the Altazimuth, at the Royal Observatory, Greenwich.

Day 1873	Solar-Hour.	Transit-Circle.		Solar-Hour.	Altazimuth.		Day 1874	Solar-Hour.	Transit-Circle.		Solar-Hour.	Altazimuth.	
		Correction to R. A.	Correction to N. P. D.		Correction to R. A.	Correction to N. P. D.			Correction to R. A.	Correction to N. P. D.		Correction to R. A.	Correction to N. P. D.
Dec. 24	4	$-0^{s}.38$	$+2''.12$	4	$-0^{s}.48$	$-2''.92$	Febr. 3	14	$-0^{s}.49$	$-3''.10$	12	$-0^{s}.36$	$-4''.25$
„ 26	. .	. .	. .	10	− 0.09	+ 0.82	„ 4	. .	. .	. .	10	− 0.48	− 4.67
„ 27	7	− 0.48	+ 7.79	5	− 0.59	+ 3.90	„ 7	17	− 0.09	− 3.76	. .	. .	. .
„ 28	. .	. .	. .	11	− 0.32	− 2.30	„ 20	. .	. .	. .	6	− 0.65	+ 3.56
„ 29	9	− 0.53	+ 4.77	4	− 0.46	+ 1.87	„ 24	7	− 0.61	− 0.25	5	− 0.79	+ 2.80
1874							March 7	16	− 0.33	− 0.26	12	− 0.70	− 2.41
Jan. 1	11	− 0.45	− 0.16	4	− 0.54	− 0.18	„ 9	17	− 0.29	− 1.42	16	− 0.29	− 3.13
„ 2	. .	. .	. .	6	− 0.61	− 2.50	„ 10	18	− 0.22	− 2.59	17	− 0.34	− 5.48
„ 3	13	− 0.57	− 1.50	6	− 0.31	− 1.21	„ 11	. .	. .	. .	17	− 0.31	− 3.74
„ 7	16	− 0.46	− 3.09	11	+ 0.14	+ 5.88	„ 12	. .	. .	. .	18	− 0.67	+ 0.71
„ 8	. .	. .	. .	13	− 0.30	− 3.32	„ 21	. .	. .	. .	9	− 0.47	+ 0.72
„ 9	. .	. .	. .	18	− 0.30	+ 2.49	„ 22	. .	. .	. .	9	− 0.40	− 3.12
„ 12	20	− 0.46	− 4.30	18	− 0.45	− 4.21	„ 23	5	− 0.64	− 2.10	7	− 1.03	− 0.13
„ 24	6	− 0.48	+ 2.97	5	− 0.48	+ 2.98	April 1	. .	. .	. .	11	− 0.52	− 7.74
„ 25	7	− 0.63	+ 4.98	6	− 0.35	+ 2.09	„ 3	. .	. .	. .	10	− 1.03	− 2.33
„ 30	11	− 0.65	− 3.32	5	− 0.54	− 0.69	„ 5	15	− 0.56	− 3.75	12	− 0.42	− 3.99
Febr. 2	. .	. .	. .	13	− 0.42	− 2.38	„ 6	16	− 0.29	− 4.89	14	− 0.17	− 4.04

G. B. Airy.
1875 June 23.

In dem begleitenden Briefe ist bemerkt:

„In combining observations with the Transit-Circle and Altazimuth double weight may be given to the former."

Hiernach sind die Mondcorrectionen für die einzelnen Fälle angenommen, wie es scheint, auf 1″ bis 2″ genau.

Messung und Reduction der Monddistanzen.

Es schien geboten, sämmtliche Originalmessungen mitzutheilen. Gewöhnlich wurden 10 Distanzen unmittelbar nacheinander genommen. Der Indexfehler wurde mit Ausnahme eines Falles (Beharieh 7. März, wo rasch abgebrochen werden musste) für jede Messung besonders bestimmt, auch an Tagen, an denen keine Monddistanzen gemessen sind, sind solche Bestimmungen gemacht, um die Aenderungen genauer zu verfolgen. Hauptsächlich wurde die Sonne dazu benutzt, wobei gewöhnlich 10 Einstellungen

genommen sind, welche neben dem eigentlichen Zweck noch als Probe den Sonnendurchmesser gaben, die Probe stimmte immer auf einige Secunden. Die sämmtlichen vorhandenen Bestimmungen der reinen Indexcorrection (ohne den Einfluss von Blendungen) sind die folgenden:

1873	December	26	Lagerplatz	Indexcorrection = — 7′ 45″
„	„	28	Bir-Keraui	— 7 42
1874	Januar	2	Farafrah	— 7 21
„	„	9	Dachel	— 7 17
„	„	24	Einsiedel II	— 7 31
„	„	29	Regenfeld	— 7 23
„	„	31	„	— 7 30
„	Februar	4	„	— 7 16
„	„	23	Siuah	— 6 51
„	„	24	„	— 6 55
„	März	9	Lager	— 7 0
„	„	12	Farafrah	— 6 53
„	„	21	Lebkak	— 7 0
„	„	29	Lager	— 7 9
„	April	1	Esneh	— 7 15
„	„	4	„	— 7 4
„	„	8	Auf dem Nil	— 6 51

Obgleich die Regel, den Indexfehler immer unmittelbar vor und nach der Messung zu bestimmen, nicht immer befolgt ist, weil ich sie anfänglich für übertrieben hielt, ist doch der Einfluss einer Unsicherheit der Indexcorrection nur zu etwa 5″ zu schätzen.

Ausser der eigentlichen Indexcorrection kommt noch in jedem einzelnen Falle in Betracht die Correction für den Einfluss der Blendgläser nach S. 26, die Correction für Excentricität und Theilung nach S. 29 und endlich wurde noch die negative Correction für den Mondort als Sextantencorrection in Rechnung gebracht. Diese letztere Correction beträgt, wenn der Mond rechts stand, etwa — 7″ und wenn links, ungefähr + 7″, dieselbe wurde in jedem Falle erhalten durch Berechnung einer Distanz mit dem nach S. 30 verbesserten Mondort und Vergleichung mit der Distanz des Nautical-Almanac, dadurch wurde zugleich die letztere controlirt. Einige gemessene Distanzen sind nicht im Nautical-Almanac vorgesehen, diese sind mit verbesserten Mondörtern berechnet und die entsprechende negative Distanzcorrection fällt dann weg.

Die Reduction der Distanzen ist nach bekannten Methoden unter Benützung der Hülfstafeln des nautischen Jahrbuchs von Bremiker ausgeführt, und zwar in folgender Anordnung:

Mit vorläufig angenommener Länge, der gemessenen Polhöhe und Ortszeit wurden für einen Beobachtungsmoment Azimuthe und wahre Höhen beider Gestirne auf 1′ genau berechnet und dann Parallaxe und Refraction auf 1″ genau, die nunmehr vorhandenen arithmetischen Mittel der wahren und scheinbaren Höhen und die Azimuthdifferenz in Verbindung mit dem arithmetischen Mittel der wahren und scheinbaren Distanz (letztere mittelst genäherter Greenw. Zeit aus dem Jahrbuch genommen), sämmtlich auf etwa 1′ genau, geben unmittelbar die Sinus der Winkel M und S in dem Dreieck Zenith-

Mond-Stern; und die Differenzen zwischen wahren und scheinbaren Höhen, bezhw. mit cos M und cos S multiplicirt, liefern sofort (weil durchaus mit arithmetischen Mitteln der wahren und scheinbaren Werthe gerechnet worden ist) die zwei Hauptbestandtheile der Reduction auf 1″ genau, wozu noch die Halbmessercorrectionen und der Einfluss der Seiten-Parallaxe des Mondes kommt.

Alle von der Abplattung der Erde herrührenden Parallaxen-Correctionen können für ein Gebiet von geringer Breitenausdehnung, wie das unserige, in eine compendiöse Tafel vereinigt werden, welche die für die ganze Erde gültigen allgemeinen Tafeln ersetzt. Dieses ist in unserem Falle geschehen.

Vorläufige Längen sind durch erste Durchrechnung aller Distanzen mit Zusammenfassung grösserer Gruppen in arithmetische Mittel und eine damit verbundene vollständige Itinerar- und Kartenconstruction gewonnen. (Die in den „Geogr. Mittheilungen aus J. Perthes Geogr. Anstalt“ Jahrgang 1875, Tafel 11 veröffentlichte Karte, welche auch dem erzählenden Theile dieses Werkes beigegeben ist, enthält die Resultate dieser ersten Berechnungen.) Nachdem dann die Sextantencorrectionen genauer bestimmt und die Mondcorrectionen bekannt geworden waren, begann die definitive Berechnung. Es wurden für jede Gruppe von Messungen 4—6 Zeiten willkürlich ausgewählt und für jede dieser Zeiten die Differenz zwischen der scheinbaren Randdistanz und der wahren, auf den Erdmittelpunkt bezogenen, Mittelpunkts-distanz unabhängig berechnet. Z. B. für die Messungen vom 22. Februar in Siuah fand sich:

Chronometer.	Differenz.	Reduction.	Differenzen.	
$8^h\ 7^m\ 50^s$		— 58′ 12″		
	$9^m\ 40^s$		— 1′ 19″	
8 17 30		— 59 31		+ 7″
	9 40		— 1 12	
8 27 10		— 60 43		+ 6
	9 40		— 1 6	
8 36 50		— 61 49		+ 6
	9 40		— 1 0	
8 46 30		— 62 49		

Mit Zuziehung der Instrumentencorrectionen liess sich nunmehr die Reduction des unmittelbar am Sextanten abgelesenen Winkelwerths auf wahre Distanz als Function der Chronometerzeit ausdrücken und jede einzelne gemessene Distanz somit reduciren. Endlich gibt dann jede einzelne Distanz ein Resultat: Greenwich-Zeit — Chronometer.

Man hätte zwar sehr wohl das Recht, 10 nach einander gemessene Distanzen in ein Mittel vereinigt, mit dem zugehörigen Mittel der Chronometerzeiten als Einzelmessung zu behandeln, man erhielte aber dann nicht den nöthigen Aufschluss über die Genauigkeit, welcher bei der angewendeten Methode durch die Abweichungen der Einzelresultate von ihrem arithmetischen Mittel gegeben worden ist.

Es sind unter den Monddistanzen-Messungen zwei Gruppen, bei welchen ausserdem nur Breite, nicht aber Ortszeit bestimmt ist, weil ich mich für letztere auf das Itinerar verliess. Für die betreffenden Punkte, nämlich Lagerplatz Bir-Kerani 28. December und Lagerplatz Lebkak 21. März ist also keine astronomische Längenbestimmung vorhanden, denn die Distanzen sollten nicht hiezu, sondern zur Unterstützung des Chronometergangs überhaupt dienen. Die Ortszeit zur Reduction muss also mittelst des Itinerars aus den benachbarten Ortszeit-Bestimmungen abgeleitet werden. Dass dieses zulässig ist (obgleich natürlich das Verfahren im Allgemeinen nicht zu empfehlen ist), wird die später folgende Betrachtung des Itinerars zeigen. Bei Bir-Keraui ändert sich die Reduction der Monddistanz in 1 Minute um 14″ und 12″, die nächsten Ortszeiten auf dem Lagerplatz vom 26.—27. December und in Farafrah sind sehr nah. bei Lebkak ist zwar die Itinerarübertragung weiter, allein die minutliche Aenderung der Reduction

ist hier nur 4″. Da 1 Zeitminute ungefähr $^2/_3$ eines Tagemarsches in der West-Ost-Richtung entspricht, sind die fraglichen Messungen nicht ungenauer als die übrigen zu behandeln. Im Folgenden bedeutet T die Lufttemperatur in C^0 und B den Barometerstand (auf 0° reducirt).

Lagerplatz vom 26.—27. December 1873, 26. December Abends.

Aldebaran-Mond
Grünes Glas vor dem gr. Spiegel
$T = 9^0$
$B = 742^{mm}$

Correctionen

Index	— 7′ 45″	} — 8′ 7″
Blendung	+ 10	
Excentricität	— 25	
Mondort	— 7	

Chronometer	Distanz	Greenw.-Zeit — Chronometer
$6^h\ 23^m\ 50^s$	62° 51′ 0″	— $0^h\ 56^m\ 23^s$
6 25 40	62 49 30	0 54 56
7 27 15	62 50 0	0 56 46 $\mu_1 = \pm 42^s$
6 28 40	62 49 0	0 55 55
6 29 57	62 48 30	0 55 55
6. 6 31 10	62 47 40	0 55 12
	Mittel =	— $0^h\ 55^m\ 51 \pm 17^s$

Bir-Keraui 1873 December 28 (Abends).

Aldebaran-Mond
Grünes Glas vor dem gr. Spiegel
$T = 9^0$
$B = 755^{mm}$

Correctionen

Index	— 7′ 42″
Blendung	+ 10
Excentricität	— 15
Mondort	— 7
Summe	— 7′ 54″

Chronometer	Distanz	Greenw.-Zeit — Chron.
$6^h\ 45^m\ 5^s$	34° 42′ 0″	$0^h\ 56^m\ 12^s$
6 46 40	34 41 20	0 55 59
6 48 18	34 40 10	0 54 56
6 50 17	34 40 20	0 56 25
6 51 17	34 39 20	0 55 16
6 52 53	34 39 40	0 56 50
6 54 22	34 39 0	0 56 33
6 55 36	34 38 50	0 56 59
6 57 0	34 38 0	0 56 25
10. 6 58 27	34 37 20	0 55 42
	Mittel	— $0^h\ 56^m\ 8^s \pm 13^s$
		$\mu_1 = \pm 40^s$

Bir-Keraui 1873 December 28 (Abends).

Pollux-Mond
Grünes Glas vor dem gr. Spiegel
$T = 8^0$
$B = 755^{mm}$

Correctionen

Index	— 7′ 42″
Blendung	+ 10
Excentricität	— 30
Mondort	+ 8
Summe	— 8′ 10″

Chronometer	Distanz	Greenw.-Zeit — Chron.
$7^h\ 5^m\ 40^s$	78° 0′ 0″	— $0^h\ 56^m\ 23^s$
7 8 37	77 58 0	0 54 50
7 10 30	77 57 30	0 55 10
7 12 7	77 56 30	0 54 29
7 13 20	77 57 0	0 56 8
7 15 10	77 56 20	0 56 12
7 16 30	77 55 20	0 55 20
7 17 21	77 54 20	0 54 8
9. 7 18 56	77 54 40	0 55 59
	Mittel	— $0^h\ 55^m\ 24^s \pm 16^s$
		$\mu_1 = \pm 49^s$

Gasr Farafrah 1874 Januar 2 (Abends).

Pollux-Mond.

Diese Distanz kommt nicht im Nautical-Almanac; mit den Correctionen des Mondortes — 0ˢ5 in Rectascension und + 1″ in Declination findet man die Distanz:

Mittlere Greenw.-Zeit	Wahre Distanz
6^h	9° 59′ 43″
7	9 27 50
8	8 56 5
9	8 24 26

Da an diesem Abend Vollmond war, wurden abwechselnd beide Mondränder mit dem Stern in Berührung gebracht. Correction für Mondphase ist nicht anzubringen, weil sie höchstens 0ˢ2 beträgt.

Grünes Glas vor dem gr. Spiegel
$T = 9°$
$B = 760^{mm}$

Correctionen		
Index	— 7′ 21″	— 7′ 15″
Blendung	+ 10	
Excentricität	— 4	
Mondort (s. o.)	0	

Chronometer	Distanz vom jenseitigen Mondrand	Distanz vom diesseitigen Mondrand	Greenw.-Zeit — Chronometer
7^h 23^m 10ˢ	9° 27′ 30″		— 0^h 55^m 40ˢ
7 25 22		8° 55′ 20″	0 55 36
7 26 55	9 25 40		0 55 11
7 28 38		8 54 50	0 57 15
7 30 30	9 24 10		0 55 11
7 33 8		8 51 20	0 54 15
7 35 10	9 23 0		0 56 41
7 37 5		8 50 40	0 56 0
7 39 0	9 21 0		0 55 56
7 41 8		8 47 40	0 53 44
7 43 23	9 18 30		0 55 10
12. 7 46 0		8 46 40	0 55 43
		Mittel	— 0^h 55^m 32ˢ ± 16ˢ
			$\mu_1 = \pm 57^s$

Chronometer	Distanz vom jenseitigen Mondrand	Distanz vom diesseitigen Mondrand	Greenw.-Zeit — Chronometer
8^h 49^m 38ˢ	8° 52′ 50″		— 0^h 54^m 43ˢ
8 55 25	8 51 20		0 55 44
8 57 5		8° 19′ 40″	0 56 10
8 58 45		8 17 40	0 53 31
9 0 31	8 49 20		0 55 22
9 2 15		8 16 30	0 53 36
9 3 45	8 47 40		0 54 21
9 5 22		8 16 0	0 54 49
9 6 58	8 47 0		0 55 15
9 8 40		8 14 40	0 54 32
9 10 32	8 47 0		0 57 43
12. 9 12 0		8 13 20	0 54 17
		Mittel	— 0^h 55^m 0ˢ ± 20ˢ
			$\mu_1 = \pm 70^s$

Gesammtmittel:

Greenw.-Zeit Chronometer — — 0^h 55^m 16ˢ ± 13ˢ ($\mu_1 = \pm 64^s$).

Gasr Dachel 1874 Januar 8 (Vormittag).

Sonne-Mond
Rothes Glas vor dem gr. Spiegel
$T = 17^0$
$B = 756^{mm}$

Correctionen

Index	— 7′ 17″		
Blendung	— 24		— 8′ 24″
Excentricität	— 36		
Mondort	— 7		

Chronometer	Distanz	Greenw.-Zeit — Chron.	Chronometer	Distanz	Greenw.-Zeit — Chron.
20ʰ 57ᵐ 32ˢ	106° 18′ 0″	— 0ʰ 56ᵐ 31ˢ	21ʰ 19ᵐ 33ˢ	106° 8′ 0″	— 0ʰ 56ᵐ 55ˢ
20 59 2	106 17 30	0 56 54	21 20 38	106 7 0	0 55 56
20 59 50	106 16 40	0 55 51	21 21 40	106 5 50	0 54 27
21 3 10	106 14 30	0 54 22	21 22 35	106 7 0	0 58 3
21 5 55	106 13 20	0 54 29	21 23 43	106 5 0	0 54 54
21 7 30	106 12 50	0 54 58	21 25 26	106 4 40	0 56 6
21 8 23	106 12 0	0 54 1	21 26 47	106 4 20	0 56 56
21 9 3	106 12 0	0 54 43	21 27 42	106 3 40	0 56 30
21 9 58	106 11 40	0 54 55	21 28 40	106 2 50	0 55 46
21 10 41	106 12 0	0 56 24	21 29 26	106 3 0	0 57 3
21 11 42	106 11 0	0 55 16	11. 21 30 18	106 1 50	0 55 25
21 12 28	106 10 0	0 53 50			Mittel — 0ʰ 56ᵐ 11ˢ ± 18ˢ
13. 21 13 15	106 10 20	0 55 24			$\mu_1 = \pm 63^s$
		Mittel — 0ʰ 55ᵐ 12ˢ ± 16ˢ			
		$\mu_1 = \pm 59^s$			

Gesammtmittel:

Greenw.-Zeit — Chronometer = — 0ʰ 55ᵐ 39ˢ ± 13ˢ ($\mu_1 = \pm 66^s$).

Einsiedel II 1874 Januar 24.

Mond-Sonne
Rothes Glas vor dem gr. Spiegel
$T = 18^0$
$B = 738^{mm}$

Correctionen

Index	— 7′ 31″		
Blendung	— 24		— 8′ 20″
Excentricität	— 31		
Mondort	+ 7		

Chronometer	Distanz	Greenw.-Zeit — Chron.	Chronometer	Distanz	Greenw.-Zeit — Chron.
$1^h\ 11^m\ 12^s$	83° 23′ 50″	$-0^h\ 56^m\ 23^s$	$1^h\ 43^m\ 44^s$	83° 37′ 20″	$-0^h\ 55^m\ 38^s$
1 12 27	83 24 40	0 55 47	1 45 10	83 37 30	0 56 22
1 14 51	83 25 50	0 55 22	1 46 4	83 37 40	0 56 38
1 15 42	83 26 10	0 55 25	1 47 18	83 37 40	0 57 34
1 17 36	83 26 40	0 55 54	1 48 8	83 38 40	0 56 20
1 18 26	83 27 10	0 55 36	1 49 3	83 39 0	0 56 19
1 19 13	83 27 10	0 56 12	1 50 0	83 39 40	0 55 48
1 20 10	83 27 20	0 56 39	1 50 50	83 39 50	0 56 3
1 21 32	83 27 0	0 58 18	1 51 47	83 40 0	0 56 26
1 22 28	83 28 10	0 56 51	1 52 45	83 40 20	0 56 29
	Mittel:	— 0 56 15		Mittel:	— 0 56 22
1 23 33	83 28 40	— 0 56 45	1 53 33	83 40 40	— 0 56 26
1 24 30	83 28 40	0 57 29	1 54 20	83 41 0	0 56 27
1 25 13	83 28 50	0 57 44	1 55 2	83 41 10	0 56 37
1 26 12	83 29 10	0 57 50	1 55 51	83 41 30	0 56 38
1 26 58	83 29 50	0 57 12	1 56 49	83 41 50	0 56 40
1 27 33	83 30 0	0 57 18	1 57 42	83 42 0	0 56 57
1 28 33	83 30 40	0 56 49	1 58 25	83 42 30	0 56 37
1 29 16	83 30 30	0 57 37	1 59 10	83 43 0	0 56 15
1 30 3	83 31 40	0 56 2	1 59 55	83 43 20	0 56 12
1 30 55	83 31 50	0 56 22	40. 2 1 12	83 44 10	0 55 34
	Mittel:	$-0^h\ 57^m\ 7^s$		Mittel:	$-0^h\ 56^m\ 26^s$

Gesammtmittel:

Greenwich-Zeit — Chronometer $= -0^h\ 56^m\ 32^s \pm 7^s$ $\mu_1 = \pm 42^s$

Regenfeld 1874 Januar 31 (Abend).

Jupiter-Mond
Ohne Blendungen
$T = 6^0$
$B = 725^{mm}$

Correctionen

Index	— 7′ 30″	— 8′ 1″
Blendung	0	
Excentricität	— 24	
Mondort	— 7	

Da nahezu Vollmond war, wurden abwechselnd beide Mondränder genommen. Wegen Phasenbeleuchtung erscheint der diesseitige Mondrand kleiner als der jenseitige um 7″ bei der ersten Gruppe und um 6″ bei der zweiten Gruppe.

Chronometer	Distanz vom diesseitigen Mondrand	Distanz vom jenseitigen Mondrand	Greenw.-Zeit — Chronometer
9h 7m 10s	56° 19′ 0″		— 0h 56m 51s
9 8 38		56° 50′ 0″	0 58 13
9 9 40	56 17 30		0 55 0
9 11 23		56 48 40	0 56 50
9 20 43		56 45 40	0 55 23
9 21 50	56 15 30		0 56 35
9 22 38		56 45 40	0 56 10
9 23 25	56 14 50		0 56 4
9 26 25	56 14 30		0 56 48
9 27 12		56 43 0	0 53 21
9 27 38		56 44 0	0 55 21
9 28 34	56 13 30		0 56 0
9 29 39		56 44 10	0 56 44
9 36 17		56 41 30	0 54 58
9 36 55	56 11 10		0 55 41
9 37 38	56 11 0		0 55 44
17. 9 38 18		56 40 0	0 53 9

Mittel: — 0h 55m 49s ± 18s
μ_1 = ± 76s

Chronometer	Distanz vom diesseitigen Mondrand	Distanz vom jenseitigen Mondrand	Greenw.-Zeit — Chronometer
10h 15m 40s		56° 30′ 30″	— 0h 55m 54s
10 17 23	55° 59′ 20″		0 55 46
10 19 3		56 29 0	0 54 59
10 20 25	55 58 0		0 54 57
10 21 30		56 28 0	0 54 30
10 22 40	55 57 20		0 55 1
10 23 50		56 27 0	0 53 57
10 24 50	55 56 40		0 55 0
10 26 3		56 26 0	0 53 21
10 26 58	55 56 30		0 55 58
10 28 0		56 25 40	0 53 51
10 29 3	55 56 30		0 57 7
10 30 24		56 25 20	0 54 35
10 31 33	55 55 0		0 55 44
10 32 42		56 25 10	0 55 38
10 33 41	55 54 40		0 56 18
10 34 50		56 24 0	0 54 36
10 35 58	55 53 40		0 55 46
10 37 37		56 23 0	0 54 25
20. 10 38 51	55 52 30		0 55 10

Mittel: — 0h 55m 8s ± 12s
μ_1 = ± 55s

Gesammtmittel:
Greenwich-Zeit — Chronometer = — 0h 55m 27s ± 11s (μ_1 = ± 67s).

Regenfeld. 1874 Januar 31 (Abends).

Arctur-Mond
Die 10 ersten Beobachtungen ohne Blendungen, bei den folgenden Beobachtungen grünes Glas vor dem grossen Spiegel.
$T = 5^0$
$B = 725^{mm}$

Correctionen

	v. 10h 53m — 11h 6m	v. 11h 7m — 11h 18m
Index	— 7′ 30″	— 7′ 30″
Blendung	0	+ 10
Excentricität	— 30	— 30
Summe	— 8′ 0″	— 7′ 50″

Die Distanz Arctur-Mond kommt nicht im Nautical-Almanac. Mit den Correctionen des Mondorts — 0s.57 in Rectascension und + 1″ in Declination findet man die wahre Distanz:

Greenw.-Zeit	wahre Distanz
$10^h\ 0^m$	76° 19′ 17″
10 10	76 14 48
10 20	76 10 19
10 30	76 4 50

Es sind abwechselnd beide Mondränder genommen und es beträgt die Phasencorrection für den diesseitigen Mondrand: 5″

	Chronometer	Distanz vom diesseitigen Mondrand	Distanz vom jenseitigen Mondrand	Greenw.-Zeit — Chronometer
	$10^h\ 53^m\ 37^s$		76° 37′ 40″	$-\ 0^h\ 52^m\ 30^s$
	10 55 48	76° 6′ 40″		0 52 23
	10 57 3	76 7 20		0 54 22
	10 58 26		76 37 50	0 54 45
	10 59 35		76 37 0	0 53 25
	11 1 18	76 5 20		0 51 38
	11 2 20	76 5 20		0 52 6
	11 3 38		76 36 20	0 53 38
	11 4 59		76 36 20	0 54 10
	11 6 12	76 5 0		0 53 2
	11 7 27	76 4 50		0 53 42
	11 8 40		76 35 20	0 53 59
	11 10 0	76 4 40		0 54 28
	11 11 0		76 34 40	0 53 36
	11 12 2	76 4 0		0 53 54
	11 13 3		76 34 0	0 53 3
	11 14 17	76 3 0		0 52 41
	11 15 40		76 34 20	0 55 0
	11 16 51	76 4 0		0 56 4
20.	11 18 10		76 33 0	0 53 13
			Mittel	$-\ 0^h\ 53^m\ 35^s \pm 14^s$
				$\mu_1 = \pm 64^s$

Regenfeld 1874 Februar 4 (Abends).

Jupiter-Mond
Ohne Blendungen

$T = 6°$
$B = 726^{mm}$

Correctionen

Index	— 7′ 16″	— 7′ 19″
Blendung	0	
Excentricität —	3	
Mondort (s. u.)	0	

Die Distanz Jupiter-Mond ist für diesen Tag nicht mehr im Nautical-Almanac gegeben; mit den Correctionen des Mondorts $-0^s.40$ in Rectascension und $+3''$ in Declination findet man:

Mittlere Greenw. Zeit	Wahre Distanz
$8^h\ 0^m$	$8^\circ\ 21'\ 0''$
8 15	8 13 41
8 30	8 6 23
8 45	7 59 4
9 0	7 51 46

Chronometer	Distanz	Greenw.-Zeit — Chron.	Chronometer	Distanz	Greenw.-Zeit — Chron.
$9^h\ 21^m\ 25^s$	$7^\circ\ 12'\ 30''$	$-0^h\ 57^m\ 17^s$	$9^h\ 41^m\ 38^s$	$7^\circ\ 3'\ 0''$	$-0^h\ 53^m\ 53^s$
9 22 30	7 11 0	0 55 3	9 42 43	7 3 20	0 55 26
9 23 20	7 11 10	0 56 1	9 47 0	7 1 40	0 55 28
9 24 20	7 10 30	0 55 27	9 48 18	7 0 40	0 54 24
9 25 27	7 9 0	0 53 19	9 51 25	7 0 0	0 55 32
9 26 20	7 8 40	0 53 18	9 52 48	6 59 20	0 55 15
9 27 55	7 8 20	0 53 54	14. 9 54 50	6 58 40	0 55 26

Mittel $-0^h\ 54^m\ 59^s \pm 18^s$

$\mu_1 = \pm 67^s$

Siuah 1874 Februar 22 (Abends).

Regulus-Mond

Grünes Glas vor dem gr. Spiegel

$T = 15^\circ$

$B = 761^{mm}$

Correctionen

Index	$-6'\ 51''$	$-7'\ 23''$
Blendung	$+\ 10$	
Excentricität	$-\ 34$	
Mondort	$-\ 8$	

Chronometer	Distanz	Greenw.-Zeit — Chron.	Chronometer	Distanz	Greenw.-Zeit — Chron.
$8^h\ 10^m\ 58^s$	$93^\circ\ 15'\ 0''$	$-0^h\ 53^m\ 38^s$	$8^h\ 32^m\ 17^s$	$93^\circ\ 4'\ 50''$	$-0^h\ 52^m\ 28^s$
8 12 15	93 15 0	0 54 34	8 33 22	93 4 10	0 52 11
8 14 23	93 13 0	0 52 39	8 34 37	93 3 20	0 51 45
8 15 35	93 12 0	0 51 51	8 35 30	93 3 20	0 52 29
8 17 5	93 12 30	0 53 56	8 36 23	93 3 0	0 52 35
8 18 18	93 10 40	0 51 39	8 37 20	93 2 30	0 52 29
8 19 25	93 10 20	0 51 55	8 38 7	93 2 0	0 52 18
8 20 50	93 10 20	0 52 59	8 39 17	93 1 0	0 51 28
8 22 28	93 9 40	0 53 8	8 40 13	93 0 30	0 51 19
8 23 40	93 9 0	0 52 53	20. 8 41 5	93 0 30	0 52 0

Mittel $-0^h\ 52^m\ 31^s \pm 11^s$

$\mu_1 = \pm 50^s$

Siuah 1874 Februar 23 (Abends).

Regulus-Mond
Grünes Glas vor dem gr. Spiegel
$T = 16^0$
$B = 766^{mm}$

Correctionen

Index	—	6′ 55″
Blendung	+	10
Excentricität	—	30
Mondart	—	8
Summe	—	7′ 23″

Chronometer	Distanz	Greenw.-Zeit — Chron.	Chronometer	Distanz	Greenw.-Zeit — Chron.
7^h 24^m 57^s	79^0 49′ 40″	— 0^h 53^m 59^s	7^h 34^m 18^s	79^0 46′ 0″	— 0^h 53^m 31^s
7 25 58	79 48 40	0 52 51	7 35 12	79 45 40	0 53 30
7 27 13	79 48 20	0 53 9	7 36 8	79 45 20	0 53 31
7 28 27	79 48 20	0 53 54	7 37 0	79 45 0	0 53 29
7 29 25	79 48 20	0 54 31	7 37 57	79 45 20	0 54 43
7 32 10	79 48 0	0 55 43	7 38 48	79 44 0	0 52 50
7 33 20	79 47 0	0 54 40	14. 7 39 52	79 44 10	0 53 50

Mittel — 0^h 53^m $52^s \pm 13^s$
$\mu_1 = \pm 48^s$

Beharieh 1874 März 7 (Morgens).

Sonne-Mond
Rothes Glas vor dem gr. Spiegel
$T = 7^0$
$B = 756^{mm}$

Correctionen

Index	—	6′ 54″
Blendung	—	24
Excentricität	—	39
Mondort	—	4
Summe	—	8′ 1″

Chronometer	Distanz	Greenw.-Zeit — Chron.	Chronometer	Distanz	Greenw.-Zeit — Chron
18^h 26^m 42^s	125^0 42′ 40″	— 0^h 53^m 0^s	18^h 33^m 7^s	125^0 40′ 0″	— 0^h 51^m 54^s
18 28 15	125 41 20	0 51 15	18 34 3	125 40 0	0 52 45
18 29 8	125 41 30	0 52 13	18 34 55	125 40 0	0 53 13
18 29 50	125 41 30	0 52 45	18 35 48	125 39 40	0 53 7
18 30 40	125 42 30	0 55 35	18 36 40	125 40 0	0 54 29
18 31 28	125 41 0	0 52 52	13. 18 37 28	125 39 10	0 53 17
18 32 20	125 40 50	0 53 10			

Mittel — 0^h 53^m $3^s \pm 18^s$
$\mu_1 = \pm 65^s$

Gasr Farafrah 1874 März 11 (Vormittags).

Sonne-Mond
Rothes Glas vor dem gr. Spiegel
$T = 13^0$
$B = 757^{mm}$

Correctionen	
Index	— 6′ 53″
Blendung	— 24
Excentricität	— 30
Mondort	— 5
Summe	— 7′ 52″

	Chronometer.	Distanz.	Greenw.-Zeit — Chron.
	$19^h\ 7^m\ 52^s$	$79^0\ 37'\ 50''$	$-0^h\ 51^m\ 55^s$
	19 9 0	79 37 50	0 52 39
	19 10 10	79 37 40	0 52 59
	19 11 40	79 37 30	0 53 31
	19 14 38	79 36 20	0 53 0
	19 15 23	79 36 0	0 52 44
	19 16 14	79 36 20	0 53 57
	19 17 0	79 35 40	0 53 4
	19 18 5	79 35 40	0 53 43
10.	19 19 25	79 35 30	0 54 12

Mittel $-0^h\ 53^m\ 10^s \pm 13^s$
$\mu_1 = \pm 41^s$

	Chronometer.	Distanz.	Greenw.-Zeit — Chron.
	19 31 55	79 31 30	—0 53 43
	19 33 33	79 31 0	0 53 46
	19 34 34	79 30 10	0 52 46
	19 35 50	79 29 50	0 52 50
	19 37 5	79 29 50	0 53 36
	19 38 1	79 29 30	0 53 32
	19 38 50	79 29 40	0 54 21
	19 42 24	79 28 0	0 53 17
	19 43 27	79 27 40	0 53 14
10.	19 44 28	79 27 30	0 53 33

Mittel $-0^h\ 53^m\ 28^s \pm 9^s$
$\mu_1 = \pm 28^s$

Gesammtmittel:
Greenw.-Zeit — Chronometer $= -0^h\ 53^m\ 19^s \pm 8^s$
$\mu_1 = \pm 35^s$.

Lebkak (Lagerplatz vom 21.—22. März) 1874 März 21 Abends.

Regulus-Mond
Grünes Glas v. d. gr. Spiegel bei der ersten Gruppe, bei der zweiten Gruppe keine Blendung
$T = 16^0$
$B = 715^{mm}$

Correctionen	I	II
Index	— 7′ 0″	— 7′ 0″
Blendung	+ 10	— 0
Excentr.	— 35	— 35
Mondort	— 7	— 7
Summa	— 7′ 32″	— 7′ 42″

	Chronometer	Distanz	Greenw.-Zeit — Chron.
I	$6^h\ 17^m\ 30^s$	$99^0\ 14'\ 20''$	$-0^h\ 53^m\ 22^s$
	6 19 3	99 13 0	0 52 22
	6 20 38	99 12 20	0 52 36
	6 21 57	99 11 40	0 52 34
	6 24 0	99 10 0	0 51 25
	6 25 22	99 9 10	0 51 3
	6 26 43	99 9 0	0 52 4
	6 28 0	99 8 20	0 52 3
	6 29 12	99 7 0	0 50 50
	6 30 32	99 7 0	0 51 56
	6 40 4	99 1 40	0 51 19
	6 43 3	99 0 20	0 51 41
II	6 50 40	98 56 50	0 52 13
	6 51 55	98 56 40	0 53 3
	6 53 12	98 55 30	0 52 15
	6 54 7	98 55 0	0 52 12
	6 55 11	98 54 30	0 52 19
	6 56 42	98 53 30	0 52 0
	6 57 57	98 52 40	0 51 44
	7 0 53	98 51 50	0 52 56
	7 2 15	98 51 40	0 53 55
	7 3 38	98 50 0	0 52 21
	7 4 48	98 49 0	0 51 46
	7 6 6	98 49 20	0 53 31
	7 7 29	98 48 10	0 52 48
26.	7 8 43	98 47 10	0 52 15

Mittel $-0^h\ 52^m\ 15^s \pm 9^s$
$\mu_1 = \pm 46^s$

Esneh 1874 April 2 Abends.

Mond-Jupiter
ohne Blendgläser

Da nahezu Vollmond war, wurden abwechselnd beide Mondränder genommen. Der diesseitige Rand verlangt eine Phasencorrection von 14″.

$T = 16^0$
$B = 755^{mm}$

Correctionen

Index	— 7′ 9″
Blendung	0
Excentricität	— 13
Mondort	+ 9
Summe	— 7′ 13″

Chronometer	Distanz vom diesseitigen Rand	Distanz vom jenseitigen Rand	Greenw.-Zeit — Chronometer
$9^h 42^m 33^s$	28°12′20″		— $0^h 51^m 15^s$
9 44 54		28°43′30″	0 49 42
9 46 5	28 14 20		0 49 31
9 47 10		28 43 20	0 51 30
9 48 8	28 14 30		0 50 32
9 49 28		28 44 40	0 50 22
9 50 50	28 14 50		0 51 42
9 52 30		28 45 0	0 51 46
9 53 57	28 15 50		0 51 49
9 55 55		28 46 50	0 50 23
10 2 8	28 18 0		0 50 46
10 4 52		28 47 50	0 54 8
10 6 53	28 19 20		0 53 9
10 9 25		28 50 10	0 52 21
10 11 29	28 21 50		0 51 5
10 13 50		28 52 0	0 51 34
10 15 30	28 22 30		0 52 24
10 17 0		28 52 20	0 53 4
10 18 6	28 24 0		0 51 10
20 10 20 33		28 54 0	0 52 9

Mittel — $0^h 51^m 31^s \pm 16^s$
$\mu_1 = \pm 70^s$

Esneh 1874 April 3 Abends.

Mond (jens. Rand) -Jupiter
Ohne Blendgläser

$T = 17^0$
$B = 757^{mm}$

Correctionen

Index	— 7′ 9″
Blendung	0
Excentricität	— 18
Mondort	+ 9
Summe	— 7′ 18″

Chronometer	Distanz	Greenw.-Zeit — Chron.
$8^h 40^m 28^s$	40° 27′ 50″	— $0^h 55^m 28^s$
8 50 53	40 29 30	0 52 21
8 52 7	40 30 30	0 51 17
8 53 14	40 31 40	0 49 48
8 54 55	40 31 0	0 52 29
8 55 45	40 32 0	0 51 7
8 56 38	40 32 10	0 51 32
8 57 31	40 33 0	0 50 29
8 58 23	40 33 0	0 51 9
8 59 19	40 33 30	0 50 53
9 3 29	40 35 0	0 51 3
9 4 29	40 35 10	0 51 27
9 5 30	40 35 50	0 50 56
9 6 45	40 36 40	0 50 13
9 8 24	40 36 20	0 52 10
9 10 8	40 37 0	0 52 8
9 16 12	40 39 30	0 51 46
9 17 45	40 40 0	0 51 55
9 19 5	40 40 30	0 51 57
20 9 20 45	40 41 0	0 52 15

Mittel — $0^h 51^m 37^s \pm 16^s$
$\mu_1 = \pm 70^s$

Genauigkeit der Monddistanzen-Messung.

Der Einfluss der reinen Einstellungs- und Ablesefehler auf das Gesammtresultat wird bei der grossen Zahl der Wiederholungen ziemlich klein. Auf Seite 33—42 ist bei jeder Gruppe von Messungen mit der Bezeichnung μ_1 der mittlere Fehler einer einzelnen Greenwich-Zeit-Bestimmung angegeben, z. B. am 22. Februar in Siuah $\mu_1 = \pm 50^s$. Der mittlere Distanzfehler ist ungefähr halb so gross, weil die stündliche Mondbewegung ungefähr 30′ ist. Eine mit Rücksicht auf die jeweilige Mondbewegung (ausgedrückt durch den Proportionallogarithmus p des Nautical Almanac) und auf die in jeder Gruppe vereinigte Anzahl n von Messungen zu machende Bestimmung des mittleren Distanzfehlers m ist ausgedrückt durch die Formel:

$$m^2 = \frac{\Sigma\left[(n-1)\left(\frac{\mu_1}{p}\right)^2\right]}{\Sigma(n-1)}$$

sie gibt $m = \pm 29''$. Dieses ist der mittlere Fehler einer Einstellung und Ablesung mit dem Sextanten.

Der mittlere hievon herrührende Zeitfehler des arithmetischen Mittels aller Einzelbestimmungen einer Gruppe ist wegen der stets nahezu gleichen Anzahl von Messungen, wie auf S. 33—42 zu sehen, überall ziemlich gleich, nämlich im Mittel ungefähr $= \pm 15^s$.

Die weiteren Fehlerquellen sind:

1. Unsicherheit der Indexcorrection; dieselbe ist auf S. 31 zu 5″ geschätzt, entsprechend 10^s Zeitfehler.

2. Der Einfluss der Blendgläser ist nach S. 26 auf 2″ genau bestimmt, was 4^s Zeitfehler gibt.

3. Die Correction für Excentricität und Theilung ist nach S. 29 nur auf 6″—10″ sicher bestimmt und es ist aus mehreren Gründen räthlich, hier das Maximum anzunehmen, was 20^s Zeitfehler gibt.

4. Endlich können durch Unsicherheit des Mondorts und optische Täuschung in Betreff des Mondhalbmessers noch mehrere Bogensecunden verloren gehen, wofür ein Fehler von 10^s in Rechnung zu nehmen ist.

Da alle diese Fehler gleich wahrscheinlich positiv oder negativ sind, kann die Quadratwurzel aus ihrer Quadratsumme, d. h. der Werth $\pm 29^s$ oder rund $\pm 30^s$ als mittlerer Gesammtfehler einer Bestimmung der Greenwich-Zeit durch eine Gruppe von gleichartigen Monddistanzen angenommen werden; für das Mittel der Resultate aus Distanzen zweier verschiedenen Gestirne nehmen wir $\pm 20^s$ als mittleren Fehler und haben hiernach Folgendes:

Ort	Zeit				Greenw.-Zeit — Chronometer
Lager vom 26. December	1873	December	26	7^h	$-0^h 55^m 51^s \pm 30^s$
Bir-Keraui	„	„	28	8^h	-0 55 46 ± 20
Farafrah	1874	Januar	2	8^h	-0 55 16 ± 30
Dachel	„	„	8	22^h	-0 55 39 ± 30
Einsiedel II	„	„	24	0^h	-0 56 32 ± 30
Regenfeld	„	„	31	11^h	-0 54 31 ± 20
Regenfeld	„	Februar	4	11^h	-0 54 59 ± 30
Siuah	„	„	22	9^h	-0 52 31 ± 30

Ort	Zeit				Greenw.-Zeit — Chronometer
Siuah	1874	Februar	23	9^h	$-0^h\ 53^m\ 52^s \pm 30^s$
Beharieh	„	März	7	19^h	$-0\ 53\ \ 3 \pm 30$
Farafrah	„	„	11	20^h	$-0\ 53\ 19 \pm 30$
Lebkak	„	„	21	8^h	$-0\ 52\ 15 \pm 30$
Esneh	„	April	2	11^h	$-0\ 51\ 31 \pm 30$
„	„	„	3	10^h	$-0\ 51\ 37 \pm 30$

Die entsprechenden geographischen Längen ergeben sich durch Combination dieser Zahlen mit den auf S. 10 zusammengestellten Ortszeiten.

Lager vom	26.—27. December	Länge	$= 1^h\ 56^m\ 13^s$	von Greenwich
Farafrah . .	2. Januar	„	$= 1\ 51\ 52$	„ „
„ . .	11. März	„	$= 1\ 52\ 30$	„ „
Dachel . . .	8. Januar	„	$= 1\ 55\ 59$	„ „
Einsiedel II .	24. „	„	$= 1\ 54\ 10$	„ „
Regenfeld . .	31. „	„	$= 1\ 49\ 34$	„ „
„ . .	4. Februar	„	$= 1\ 50\ \ 8$	„ „
Siuah . . .	22. „	„	$= 1\ 40\ 47$	„ „
„ . . .	23. „	„	$= 1\ 42\ 12$	„ „
Beharieh . .	7. März	„	$= 1\ 55\ 29$	„ „
Esneh . . .	2. April	„	$= 2\ 10\ \ 6$	„ „
„ . . .	3. „	„	$= 2\ 10\ 17$	„ „

Die Längenbestimmung von Esneh kommt nicht weiter in Betracht, weil Esneh als Anbindepunkt bereits vollkommen sicher bestimmt ist. Die beiden Resultate $2^h\ 10^m\ 6^s$ und $2^h\ 10^m\ 17^s$ stimmen sehr gut mit dem genauen Resultat $2^h\ 10^m\ 16^s$ von S. 5. Allerdings sind die Monddistanzen von Esneh zur Bestimmung der Sextantencorrectionen auf S. 27 mitbenützt worden, doch dient die jetzt sich ergebende Uebereinstimmung immer noch als Bestätigung der Genauigkeit.

Leider stimmen mehrere der übrigen Resultate nicht so gut, namentlich die Länge von Einsiedel II ist mit der Chronometerübertragung und mit dem Itinerar kaum zu vereinbaren, da aber kein bestimmter Grund für Ausscheidung zu finden war, und die Abweichung sich immerhin noch durch die Annahme ungünstiger Combination der gewöhnlichen Fehlerquellen erklären lässt, wurde auch hier an dem Grundsatz, keine Beobachtung auszuscheiden, festgehalten.

Die Combination der Monddistanzen mit der Chronometerübertragung könnte bereits zu brauchbaren Längen führen, doch ist zuvor noch eine andere Längencontrole zu benützen, nämlich das Itinerar.

Das Itinerar.

Eine Itineraraufnahme verlangt zweierlei Messungen, erstens für die Weglänge und zweitens für die Wegrichtung.

Das einfachste Maass der Weglänge ist die zum Durchlaufen derselben erforderliche **Zeit**, da aber dieses Maass nur ein relatives ist, so muss zur Gewinnung eines absoluten Maassstabes die Caravanengeschwindigkeit wiederholt anderweitig bestimmt werden. In unserem Falle wurden zu dem letzteren Zweck die astronomischen Breitenmessungen auf Meridianmärschen und die Angaben eines Messrades benützt, doch ist vorläufig die Marschzeit (nach Abzug aller Pausen) als relatives Entfernungsmaass in dem Itinerar aufgeführt. Zur Ermittlung der Wegrichtung diente auf dem grössten Theil der Reise ein einfacher Taschencompass von 7^{cm} Durchmesser mit Theilung von 10 zu 10°. Die Marschrichtung einer Caravane zu messen, scheint beim ersten Anblick eine sehr unsichere Sache; am besten kommt man zum Ziele, wenn man zu Fusse 10—15 Minuten in den Fussstapfen der Kameele zurückbleibt und von Zeit zu Zeit stillstehend von freiem Auge hinwegvisirt über den horizontal in der Hand gehaltenen Compass, den man zuvor so gedreht hat, dass die Nadel auf 0° und 180° einspielt. Nach verschiedenen anderen Versuchen, z. B. mit einer Bussole, welche eigentliches Visiren durch ein Diopter und gleichzeitiges Ablesen der Theilung mittelst Prismas gestattet, kam ich immer wieder auf diese einfachste Methode zurück; zwar für den Gebrauch zu Fusse würden sich zweckmässigere Instrumentchen construiren lassen, aber für den Gebrauch zu Kameel ist alles andere zu complicirt. Statt von hinten kann man natürlich die Caravane auch von vorne peilen, wenn man sicher weiss, dass man selbst auf dem Pfade ist; auf dem Kameel wird man namentlich dann peilen, wenn ein entferntes Wegzeichen sichtbar ist oder die ganze Caravane zufällig dauernd gerade aus marschirt.

Professor Ascherson hat auf dem 2. Marsch von Dachel nach Farafrah, den er mit einer detaschirten Caravane theilweise auf neuem Wege machte, einige Richtungsbestimmungen besonderer Art gemacht, er hat nämlich den Winkel der jeweiligen Schattenrichtung mit der Wegrichtung geschätzt, und da er den Gang seiner Uhr durch Notirung der Sonnenuntergänge controlirte, liessen sich daraus die Sonnenazimuthe und die entsprechenden Wegrichtungen berechnen. Das betreffende Itinerar ist jedoch als weniger wichtig nicht mit in die Ausgleichung aufgenommen, sondern nur graphisch verwerthet.

Auf der ersten Strecke (Siut-Farafrah) war ich bestrebt, für jede Marschstunde einen Mittelwerth der Richtung zu gewinnen, um im arithmetischen Mittel dieser einzelnen Stundenmittel Abends rasch die mittlere Tagesrichtung für den Karteneintrag zu erhalten; später wurden ohne Rücksicht auf die Intervalle die Peilungen nach Bedürfniss und Gelegenheit genommen. Die endgültige Berechnung verlangt für jede Strecke mit der Zeitdauer $\varDelta t$ und der Peilung α die Ermittlung der Producte $\varDelta t \sin \alpha$ und $\varDelta t \cos \alpha$. Die Peilungen α sind durchgehends vom nördlichen Zweig des magnetischen Meridians gegen Ost und Süd zwischen 0° und 360° gezählt, entsprechend sind auch die Coordinaten $x\,y$ angenommen, nämlich die Abscissen $+x$ nach Norden, die Ordinate $+y$ nach Osten. Als Anfangspunkt dieser Coordinaten, nach welchen die Marschlinie in die Karte eingetragen ist, gilt für jeden einzelnen Tag der vorhergehende Lagerplatz. Die Tafel auf Seite 47 gibt sämmtliche Originalzahlen und die ganze Berechnung des Itinerars für einen Tag, 4. März 1874. (Die Zeiten sind nach dem Taschenchronometer notirt, welcher hier eine Stunde gegen mittlere Ortszeit nachgieng.) Es ist dieses der längste Marschtag des ganzen Itinerars, an dem auch relativ die meisten Peilungen notirt sind wegen der Wichtigkeit der durchzogenen Gegend (Bahr-bela-ma) und zeitweiligen Abirrens von der Caravanenstrasse. Die durchschnittliche Anzahl der an einem Tage genommenen Compasspeilungen ist kleiner, nämlich 17.

Aus den Summen der cosinus- und sinus-Producte erhält man das mittlere magnetische Azimuth α_0 und die auf geradlinige Entfernung der begränzenden Lagerplätze reducirte Marschzeit T, durch die Gleichungen:

$$\operatorname{tang} \alpha_0 = \frac{\Sigma \varDelta t \sin \alpha}{\Sigma \varDelta t \cos \alpha} \qquad T = \frac{\Sigma \varDelta t \sin \alpha}{\sin \alpha_0} = \frac{\Sigma \varDelta t \cos \alpha}{\cos \alpha_0}.$$

Im Falle des gewählten Beispiels erhielt man damit:

$$\alpha_0 = 110^\circ\!.7 \quad T = 664^m.$$

Endlich hat man nach Seite 19 die magnetische Missweisung $= 6^\circ\!.9$ westlich, also das astronomische Azimuth $= 110^\circ\!.7 - 6^\circ\!.9 = 103^\circ\!.8$.

Nachdem auf diese Weise das ganze Itinerar durchgerechnet ist, müssen die Marschzeiten auf absolutes Maass reducirt werden. Eine vorläufige Vergleichung der auf Meridianmärschen aufgewendeten Zeiten mit den Unterschieden der astronomisch bestimmten geographischen Breiten ergab eine mittlere Marschgeschwindigkeit von nahezu 4 Kilometer für die Stunde, womit die Berechnung von Breiten- und Längenunterschieden aus den Itinerarangaben vorgenommen werden soll.

Für die mittlere Breite 27° des Vermessungsgebietes ist der Erdmeridian-Krümmungshalbmesser = 6348 Kilometer und der Quer-Krümmungshalbmesser = 6382 Kilometer, wir nehmen daher den Werth 6365 Kilometer als Halbmesser r einer Kugel für die folgenden Berechnungen. Die Reduction der Marschzeiten auf Bogenminuten (Seemeilen) erfolgt durch Multiplication mit einer Constanten k:

$$k = \frac{4}{60}\,\frac{3437'\!.75}{r} \qquad \log k = 8.5564 - 10$$

$\frac{r}{3437.75} = 1.851$ Kilometer ist die Länge einer Bogenminute (Seemeile) in der betreffenden Breite.

Hat man also die reducirte Marschzeit T eines Tages und das zugehörige astronomische Azimuth α,

(Fortsetzung auf Seite 48.)

Marschtag 4. März 1874, auf der Strecke Siuah — Beharieh.

Pause	Zeit t	Zeitunterschied Δt	Peilung α	$\Delta t \cos\alpha$	$\Delta t \sin\alpha$	Abscisse x	Ordinate y
	4ʰ 30ᵐ					0.0	0.0
	5 15	45ᵐ	140°	— 34.5	+ 28.9	— 34.5	+ 28.9
	6 0	45	150	— 39.0	+ 22.5	— 73.5	+ 51.4
	6 20	20	130	— 12.9	+ 15.3	— 86.4	+ 66.7
	6 40	20	120	— 10.0	+ 17.3	— 96.4	+ 84.0
	7 5	25	110	— 8.6	+ 23.5	— 105.0	+ 107.5
	7 15	10	110	— 3.4	+ 9.4	— 108.4	+ 116.9
0ʰ 13ᵐ	7 28					— 108.4	+ 116.9
	7 45	17	110	— 5.8	+ 16.0	— 114.2	+ 132.9
	8 0	15	110	— 5.1	+ 14.1	— 119.3	+ 147.0
	9 30	90	110	— 30.8	+ 84.6	— 150.1	+ 231.6
	10 0	30	110	— 10.3	+ 28.2	— 160.4	+ 259.8
	10 15	15	110	— 5.1	+ 14.1	— 165.5	+ 273.9
	10 20	5	110	— 1.7	+ 4.7	— 167.2	+ 278.6
	10 25	5	80	+ 0.9	+ 4.9	— 166.3	+ 283.5
	10 35	10	60	+ 5.0	+ 8.7	— 161.3	+ 292.2
	10 45	10	40	+ 7.7	+ 6.4	— 153.6	+ 298.6
	11 0	15	60	+ 7.5	+ 13.0	— 146.1	+ 311.6
	11 5	5	60	+ 2.5	+ 4.3	— 143.6	+ 315.9
	11 10	5	160	— 4.7	+ 1.7	— 148.3	+ 317.6
	11 15	5	140	— 3.8	+ 3.2	— 152.1	+ 320.8
	11 20	5	160	— 4.7	+ 1.7	— 156.8	+ 322.5
	11 25	5	150	— 4.3	+ 2.5	— 161.1	+ 325.0
	11 30	5	160	— 4.7	+ 1.7	— 165.8	+ 326.7
	11 40	10	150	— 8.7	+ 5.0	— 174.5	+ 331.7
	11 50	10	140	— 7.7	+ 6.4	— 182.2	+ 338.1
	12 0	10	140	— 7.7	+ 6.4		

Pause	Zeit t	Zeitunterschied Δt	Peilung α	$\Delta t \cos\alpha$	$\Delta t \sin\alpha$	Abscisse x	Ordinate y
	12ʰ 0ᵐ					— 189.9	+ 344.5
	12 15	15ᵐ	130°	— 9.6	+ 11.5	— 199.5	+ 356.0
	12 30	15	120	— 7.5	+ 13.0	— 207.0	+ 369.0
	12 50	20	140	— 15.3	+ 12.9	— 222.3	+ 381.9
	1 30	40	140	— 30.6	+ 25.7	— 252.9	+ 407.6
	2 0	30	130	— 19.3	+ 23.0	— 272.2	+ 430.6
	2 10	10	140	— 7.7	+ 6.4	— 279.9	+ 437.0
	2 15	5	150	— 4.3	+ 2.5	— 284.2	+ 439.5
	2 20	5	125	— 2.9	+ 4.1	— 287.1	+ 443.6
	2 35	15	30	+ 13.0	+ 7.5	— 274.1	+ 451.1
	2 45	10	40	+ 7.7	+ 6.4	— 266.4	+ 457.5
	2 50	5	30	+ 4.3	+ 2.5	— 262.1	+ 460.0
	2 55	5	60	+ 2.5	+ 4.3	— 259.6	+ 464.3
	3 0	5	60	+ 2.5	+ 4.3	— 257.1	+ 468.6
0ʰ 5ᵐ	3 5					— 257.1	+ 468.6
	3 15	10	50	+ 6.4	+ 7.7	— 250.7	+ 476.3
	3 30	15	60	+ 7.5	+ 13.0	— 243.2	+ 489.3
	4 0	30	75	+ 7.8	+ 29.0	— 235.4	+ 518.3
	4 10	10	90	0.0	+ 10.0	— 235.4	+ 528.3
	4 30	20	70	+ 6.8	+ 18.8	— 228.6	+ 547.1
	4 52	22	100	— 3.8	+ 21.7	— 232.4	+ 568.8
	5 3	11	105	— 2.8	+ 10.6	— 235.2	+ 579.4
	5 6	3	30	+ 2.6	+ 1.5	— 232.6	+ 580.9
	5 10	4	90	0.0	+ 4.0	— 232.6	+ 584.9
	5 15	5	80	+ 0.9	+ 4.9	— 231.7	+ 589.8
	5 47	32	95	— 2.8	+ 31.9	— 234.5	+ 621.7
0ʰ 18ᵐ	13ʰ 17ᵐ	779ᵐ		— 234.5	+ 621.7		
	0ʰ 18ᵐ						
	12ʰ 59ᵐ =	779ᵐ					

so findet man den entsprechenden Breitenunterschied $\Delta\varphi$ und den Längenunterschied Δl, beide ausgedrückt in Bogenminuten:

$$\Delta\varphi = k\,T\cos\alpha \qquad \Delta l = \frac{k\,T\sin\alpha}{\cos\varphi}$$

wobei φ die mittlere Breite der Strecke ist.

So sind die in der folgenden Tafel (S. 49—54) zusammengestellten Resultate berechnet worden.

Es sind dazu noch einige Bemerkungen zu machen:

Bei den Marschzeiten sind bereits alle Pausen in Abzug gebracht (vgl. das Beispiel S. 47). An schwierigen Stellen, wie Abstieg oder Aufstieg an Gebirgsrändern, Dünen-Uebergängen etc. sind nach Schätzung kleine Abzüge gemacht, und einzelne getrennt von der Caravane zu Fuss zurückgelegte Strecken sind nach dem Verhältniss 4:5 auf mittlere Kameelgeschwindigkeit reducirt. Etwaige Fehler solcher Schätzung kommen im Vergleich zu mehrtägigen Märschen nicht in Betracht.

Die Angaben für den 17. December 1873 (vom Landungsplatz Hamrah bei Siut bis zum ersten Lagerplatz südwestlich von Siut) sind einige Tage früher durch einen mit dem Theodolit gemessenen Polygonzug gewonnen und nur der Gleichförmigkeit der Rechnung wegen auf Marschzeit reducirt angegeben.

Auf der Strecke Dachel-Regenfeld sind von Einsiedel I an keine Compasspeilungen, sondern nur die Marschzeiten vorhanden, weil ich, durch das Suchen nach den Spuren einer alten Strasse von genauen Peilungen abgehalten, nur ungefähr die Richtung S. W. notirte, die genauere Richtung den abendlich gemessenen Breiten überlassend. Um jedoch wenigstens die Marschzeiten, welche von Dachel bis Einsiedel II auch von Professor Zittel nahe übereinstimmend angegeben wurden, zu verwerthen, mussten diese zuerst auf geradlinige Entfernung von Lagerplatz zu Lagerplatz reducirt werden. Man findet durch Vergleichung der in der Tabelle für jede Strecke angegebenen Summen der wirklichen und der reducirten Marschzeiten, dass die Reduction im Mittel 5 Procent beträgt. Am 21., 22. und 26. December sind aber durch das Suchen nach alten Wegzeichen weit mehr verlorene Umwege gemacht worden als sonst, wesshalb hier nach Schätzung 10 Procent, dagegen am 27. und 28. 5 Procent, entsprechend dem wieder mehr geradlinigen Marsch, in Abzug gebracht worden sind. Die bei diesen Strecken in Klammer gesetzten Breitenunterschiede sind die astronomisch bestimmten, aus diesen und den reducirten Marschzeiten sind die in Klammer gesetzten Azimuthe berechnet und damit, wie in anderen Fällen, die Längenunterschiede. Diese letzteren werden kaum weniger genau sein als bei den anderen Strecken.

Die Strecke Farafrah-Dachel ist von mir ausser mit der Hauptcaravane am 3.—7. Januar 1874, zum zweitenmal am 13.—16. März begangen worden, leider liegt hiefür kein zweites Itinerar vor, welches eine unmittelbare Genauigkeitsprobe liefern würde, weil ich durch eine schmerzhafte Verletzung der rechten Hand gezwungen war, mich auf die nöthigsten Aufzeichnungen zu beschränken; nur die Theilstrecke von Farafrah bis Bir-Dikker ist zweifach vorhanden; am 3. Januar wurde hiefür erhalten reducirte Marschzeit = $7^h\,57^m$ und Peilungsmittel = 121°.4, dagegen am 13. März entsprechend $7^h\,38^m$ und 128°.8; auf S. 49 sind die Mittel hievon angegeben; verschiedene Gründe sprechen dafür, dass an diesen beiden Tagen mit geringerer als der mittleren Genauigkeit operirt worden ist.

Hamrah bei Siut — Farafrah.

Tag 1873	Mittel-breite	Pei-lungen	Marschzeit im Ganzen	Marschzeit reducirt	Mittlere Peilung	Miss-weisung	Azimuth	Breiten-unterschied	Längen-unterschied
December 17	27° 10′	10	1h 7m	61m	240°.8	5°.7	235°.1	— 1′.26	— 2′.02
„ 18	27 12	11	5 30	327	295.0	5.8	289.2	+ 3.87	— 12.50
„ 19	27 19	10	5 34	327	329.5	5.9	323.6	+ 9.48	— 7.86
„ 20	Aufenthalt in Marak								
„ 21	27 27	16	7 38	430	295.0	5.9	289.0	+ 5.04	— 16.50
„ 22	27 31	14	9 7	485	282.5	6.1	276.4	+ 1.95	— 19.56
„ 23	27 31	10	9 1	523	256.9	6.2	250.7	— 6.22	— 20.04
„ 24	27 27	13	9 40	562	247.0	6.3	240.7	— 9.87	— 19.83
„ 25	27 22	10	9 12	531	258.7	6.4	252.3	— 5.81	— 20.51
„ 26	27 17	11	8 30	478	264.6	6.5	258.1	— 3.55	— 18.95
„ 27	27 12	13	8 24	492	257.0	6.6	250.6	— 5.88	— 18.79
„ 28	27 8	5	1 47	105	236.7	6.7	230.0	— 2.43	— 3.25
„ 29	27 6	14	7 48	398	270.4	6.7	263.7	— 1.57	— 16.00
„ 30	27 4	10	7 40	453	263.6	6.8	256.8	— 3.73	— 17.84
13		147	90h 58m = 5458m	5172m				— 19′.98	— 193′.65 = 3° 13′ 39″ = 12m 54s.6

Astronomisch: Breite von Hamrah = 27° 11′ 0″

„ „ Farafrah = 27° 3′ 26″

Differenz = — 7′ 34″ . . . = — 7′.57

Fehler = 12′.41

Farafrah — Dachel.

Tag 1874	Mittel-breite	Pei-lungen	Marschzeit im Ganzen	Marschzeit reducirt	Mittlere Peilung	Miss-weisung	Azimuth	Breiten-unterschied	Längen-unterschied
Januar 3	26° 59′	34	7h 58m	467m	125°.1	6°.8	118°.3	— 7′.97	+ 16′.62
„ 4	26 40	9	9 9	543	160.2	6.7	153.5	— 17.50	+ 9.76
„ 5	26 25	10	9 11	546	160.2	6.7	153.5	— 17.60	+ 9.80
„ 6	26 5	10	9 3	542	162.9	6.6	156.3	— 17.87	+ 8.74
„ 7	25 48	24	8 43	483	154.7	6.6	148.1	— 14.77	+ 10.20
		87	44h 4m = 2644m	2581m				— 75′.71	+ 55′.12 = 55′ 7″ = 3m 40s.5

Astronomisch: Breite von Farafrah 27° 3′ 26″

„ „ Dachel 25° 41′ 58″

Differenz — 1° 21′ 28″ . . . = — 81′.47

Fehler 5′.76

Dachel — Regenfeld.

Tag 1874		Mittelbreite	Peilungen	Marschzeit im Ganzen	Marschzeit reducirt	Mittlere Peilung	Missweisung	Azimuth	Breitenunterschied	Längenunterschied
Januar	16	25°40′	15	4h 35m	258m	245°.0	6°.5	238°.5	— 4′.85	— 8′.79
"	17	25 37	14	5 13	260	259.1	6.6	252.5	— 2.82	— 9.90
"	18	25 37	2	2 25	145	270.0	6.6	263.4	— 0.60	— 5.75
		Aufenthalt in Einsiedel I								
"	21	25 35		7 30	405			(244.4)	(— 3.93)	— 15.57
"	22	25 29		8 37	465			(233.1)	(— 7.57)	— 16.53
		Aufenthalt in Einsiedel II								
"	26	25 22		8 40	468			(238.1)	(— 6.25)	— 17.31
"	27	25 19		8 45	499			(230.2)	(— 8.92)	— 17.25
"	28	25 11		5 52	334			(275.2)	(+ 1.08)	— 13.23
				51h 37m	2834m					— 104′.33
				= 3097m						= — 1°44′ 20″
										= 6m 57s.3

Regenfeld — Siuah.

Tag 1874		Mittelbreite	Peilungen	Marschzeit im Ganzen	Marschzeit reducirt	Mittlere Peilung	Missweisung	Azimuth	Breitenunterschied	Längenunterschied
Februar	6	25° 18′	23	8h 6m	453m	333°.9	7°.0	326°.9	+ 13′.66	— 9′.85
„	7	25 35	20	9 5	533	346.3	7.1	339.2	+ 17.94	— 7.56
„	8	25 52	23	8 59	533	340.7	7.1	333.6	+ 17.19	— 9.48
„	9	26 9	19	9 16	549	351.1	7.2	343.9	+ 18.99	— 6.11
„	10	26 26	19	9 20	553	336.4	7.2	329.2	+ 17.10	— 11.39
„	11	26 44	19	9 18	550	342.9	7.3	335.6	+ 18.04	— 9.16
„	12	Sandheim Rasttag								
„	13	27 3	24	9 26	558	348.0	7.3	340.7	+ 18.96	— 7.46
„	14	27 24	20	9 20	518	346.6	7.4	339.2	+ 17.43	— 7.46
„	15	27 42	13	9 10	545	352.1	7.4	344.7	+ 18.93	— 5.85
„	16	28 1	20	9 18	553	353.0	7.4	345.6	+ 19.28	— 5.61
„	17	28 20	14	9 35	514	353.7	7.4	346.3	+ 17.99	— 4.98
„	18	28 40	10	9 15	551	357.3	7.5	349.8	+ 19.53	— 4.01
„	19	28 56	15	9 5	527	352.4	7.5	344.9	+ 18.32	— 5.65
„	20	29 8	12	7 18	405	321.1	7.5	313.6	+ 10.06	— 12.09
			251	126h 31m = 7591m	7342m				+ 243′.42	— 106′.66 = 1° 46′ 40″ = 7m 6s.7

Astronomisch: Breite von Regenfeld 25° 11′ 7″
„ „ Siuah 29° 12′ 0″

Differenz + 4° 0′ 53″ . . . = 240′.88

Fehler 2′.54

Siuah — Beharieh.

Tag 1874		Mittelbreite	Peilungen	Marschzeit im Ganzen	Marschzeit reducirt	Mittlere Peilung	Missweisung	Azimuth	Breitenunterschied	Längenunterschied
Februar	25	29° 10′	18	6h 1m	349m	116°.7	7°.5	109°.2	— 4′.13	+ 13′.59
„	26	29 6	25	9 48	561	105.0	7.5	97.5	— 2.64	+ 22.92
„	27	29 0	14	9 50	544	126.5	7.4	119.1	— 9.53	+ 19.57
„	28	28 51	17	7 18	418	126.3	7.4	118.9	— 7.28	+ 15.04
März	1	28 45	16	9 50	567	115.0	7.3	107.7	— 6.21	+ 22.18
„	2	28 42	12	9 48	585	99.2	7.2	92.0	— 0.74	+ 24.00
„	3	28 39	17	10 32	606	111.1	7.1	104.0	— 5.28	+ 24.13
„	4	28 35	52	12 59	664	110.7	6.9	103.8	— 5.70	+ 26.45
„	5	28 28	14	10 5	566	111.2	6.8	104.4	— 5.07	+ 22.45
„	6	28 23	16	5 52	330	130.5	6.7	123.8	— 6.61	+ 11.22
			201	92h 3m = 5523m	5190m				— 53′.19	+ 201′.55 = 3° 21′ 33″

Astronomisch: Breite von Siuah 29° 12′ 0″ = 13m 26s.2

„ „ Beharieh 28° 21′ 12″

Differenz — 0° 50′ 48″ . . . = — 50′.80

Fehler 2′.39

Beharieh — Farafrah.

Tag 1874		Mittelbreite	Peilungen	Marschzeit im Ganzen	Marschzeit reducirt	Mittlere Peilung	Missweisung	Azimuth	Breitenunterschied	Längenunterschied
März	8	28° 10′	19	9h 40m	564m	215°.1	6°.6	208°.5	— 17′.85	— 11′.00
„	9	27 52	14	8 2	476	206.0	6.7	199.3	— 16.18	— 6.41
„	10	27 33	18	10 48	629	218.0	6.7	211.3	— 19.35	— 13.27
„	11	27 13	17	9 49	577	219.2	6.8	212.4	— 17.54	— 12.52
			68	38h 19m = 2299	2246m				— 70′.92	— 43′.20 = 43′ 12″

Astronomisch: Breite von Beharieh 28° 21′ 12″ = 2m 52s.8

„ „ Farafrah 27° 3′ 26″

Differenz — 1° 17′ 46″ . . . = — 77′.77

Fehler 6.85

Für die nun folgende Strecke Farafrah-Dachel ist ausser dem schon mitgetheilten Itinerar vom 3.—7. Januar (s. S. 49) kein zweites vorhanden (vgl. hierüber die Bemerkung auf S. 48). Es sind aber wenigstens noch die Marschzeiten von 4 weiteren Reisen auf dieser Strecke vorhanden, nämlich:

1. Professor Ascherson brauchte am 16.—20. Februar mit einem zu einigen Stunden zu schätzenden östlichen Umwege auf dem Kharaschaff (vgl. die Karte) $46^h\ 55^m$.

2. Auf dem Rückweg am 5.—9. März verwendete Ascherson auf die Strecke $42^h\ 31^m$.

3. Professor Zittel gibt am 9.—12. März hiefür $40^h\ 22^m$ mit Abzug von $1^1/_2$ Stunden für Sammeln von Versteinerungen auf dem Karaschaff, also $38^h\ 52^m$.

4. Ich selbst brauchte am 12.—15. März von Farafrah bis Bab-el-Jassmund $39^h\ 53^m$ mit der Caravane und von da am 16. noch $1^h\ 50^m$ in raschem Gang zu Fuss nach Dachel oder zusammen $42^h\ 38^m$ Caravanenzeit.

Mit Weglassung von 1. wegen Unsicherheit der Schätzung des Umwegs hat man

2. $42^h\ 31^m$ 3. $38^h\ 52^m$ 4. $42^h\ 38^m$

Die grosse Geschwindigkeit des Marsches 3) kann in dem Antreiben zur Eile (unterstützt durch das Versprechen eines Backschisch für den Führer) seinen Grund haben, vielleicht sind auch die Abzüge für Pausen zu stark geschätzt.

Dachel — Chargeh.

Tag 1874	Mittelbreite	Peilungen	Marschzeit im Ganzen	Marschzeit reducirt	Mittlere Peilung	Misweisung	Azimuth	Breitenunterschied	Längenunterschied
März 18	25° 35′	13	$6^h 53^m$	382^m	174°3	6°5	167°8	— 13′45	+ 3.22
„ 19	25 31	18	8 38	479	83.0	6.5	76.5	+ 4.03	+ 18.58
„ { 20	25 32	5	2 12	123	150.3	6.4	143.9	— 3.58	+ 2.89
„ { 20	25 31	13	5 20	276	97.7	6.4	91.3	— 0.23	+ 11.01
„ 21	25 34	19	10 20	603	82.5	6.3	76.2	+ 5.18	+ 23.38
„ 22	25 36	21	8 53	481	91.7	6.3	85.4	+ 1.39	+ 19.14
„ 23	25 32	19	10 45	635	123.3	6.2	117.1	— 10.45	+ 22.54
		108	$53^h 1^m$	2979^m				— 17′11	+ 100′76
			$= 3181^m$						= 1° 40′ 46″
									$= 6^m\ 43^s1$

Astronomisch: Breite von Dachel 25° 41′ 58″
„ „ Chargeh 25° 26′ 26″
Differenz — 0° 15′ 32″ . . . = — 15′53
Fehler 1′58

Chargeh — Esneh

Tag 1874	Mittelbreite	Peilungen	Marschzeit im Ganzen	Marschzeit reducirt	Mittlere Peilung	Missweisung	Azimuth	Breitenunterschied	Längenunterschied
März 26	25° 22′	8	3h 20m	199m	184°.9	6°.2	178°.7	— 7′.17	+ 0′.18
„ 26	25 18	10	4 32	264	91.0	6.2	84.8	+ 0.86	+ 10.47
„ 27	25 18	21	9 3	521	96.0	6.1	89.9	+ 0.03	+ 20.75
„ 28	25 18	15	10 8	602	92.0	6.0	86.0	+ 1.51	+ 23.92
„ 29	25 21	14	9 53	576	88.6	5.9	82.7	+ 2.63	+ 22.77
„ 30	25 26	16	10 18	607	73.5	5.9	67.6	+ 8.33	+ 22.38
„ 31	25 24	26	11 33	606	132.0	5.8	126.2	— 12.89	+ 19.50
		110	58h 47m = 3527m	3375m				— 6′.70	+ 119′.97 = 1° 59′ 58″ = 7m 59s.9

Astronomisch: Breite von Chargeh 25° 26′ 26″
„ „ Esneh 25° 18′ 13″
Differenz — 0° 8′ 13″ . . . = — 8′.22
Fehler 1′.52

Für die Meridianmärsche lässt sich nunmehr die Geschwindigkeit genau angeben. Wenn auf einem nahezu in der Richtung des Meridians liegenden Marsche der astronomisch bestimmte Breitenunterschied für irgend welche Strecke $\Delta\varphi$ ist, und $\Delta\varphi'$ der entsprechende aus dem Itinerar unter der Annahme einer Geschwindigkeit von 4 Kilometern für die Stunde berechnete Breitenunterschied, so ist die thatsächliche stündliche Geschwindigkeit für diesen Fall $= \frac{\Delta\varphi}{\Delta\varphi'} \cdot 4$ Kilometer.

Hiernach sind die in der folgenden Tabelle angegebenen Geschwindigkeiten berechnet.

Oertlichkeit	Tag 1874	Breitenunterschied astronomisch $\Delta\varphi$	Breitenunterschied a. d. Itinerar $\Delta\varphi'$	Geschwindigkeit in der Stunde (Km.)	Beschaffenheit*) des Weges
Von	Januar 4	19′.13	17′.50	4.37	Serir und Sand.
Bir-Dikker	„ 5	19.12	17.60	4.34	Serir und Sand.
bis Dachel	„ 6 u. 7	33.95	32.64	4.16	Serir und Hammada.
		72.20	67.74	4.26	

*) Serir bedeutet Flugsand mit kleinen, meist gerollten Steinen, Hammada ist eine mit grösseren oder kleineren Steinen bedeckte felsige Wüstenfläche.

Oertlichkeit	Tag 1874	Breitenunterschied astronomisch $\Delta\varphi$	Breitenunterschied a d. Itinerar $\Delta\varphi'$	Geschwindigkeit in der Stunde.	Beschaffenheit des Weges
				Km.	
Von Regenfeld nach Siuah (Sandmeer)	Febr. 6 u. 7	32.60	31.60	4.13	Sand und Serir.
	„ 8	15.90	17.19	3.70	Sand.
	„ 9	18.82	18.99	3.96	Sand.
	„ 10	17.05	17.10	3.99	Sand.
	„ 11	17.03	18.04	3.79	Sand.
	„ 13 u. 14	41.48	36.39	4.56	Sand.
	„ 15	17.03	18.93	3.60	Sand.
	„ 16	19.63	19.28	4.07	Sand.
	„ 17	19.78	17.99	4.40	Sand.
	„ 18	18.48	19.53	3.78	Sand und Hammada.
	„ 19	14.95	18 32	3.26	Sand und Hammada.
		232.75	233,36	3.99	
Von Beharieh bis Farafrah	März 8 u. 9	36.75	34.03	4.32	Serir und Hammada.
	„ 10	20.97	19.35	4.33	Serir und Hammada.
	„ 11	20.05	17.54	4.57	Serir und Hammada.
		77.77	70.92	4.39	
	Im Ganzen	382.72	372.02	4.12	

Diese Tabelle gibt über die Geschwindigkeit des im Caravanenzug mit einer Last von durchschnittlich 150 Kilogramm marschirenden Kameels verschiedenartige Auskunft.

Die mittlere Geschwindigkeit ergiebt sich hieraus = 4.12 Kilometer pro Stunde mit einer durchschnittlichen Abweichung von 7 Procent.

Auf der Strecke von Farafrah bis Dachel bestand die Caravane aus 100 Kameelen mit etwa 50 Menschen, von Regenfeld bis Siuah waren nur 18 Kameele, und auf dem detaschirten Marsch von Beharieh bis Farafrah sogar nur deren 3 vorhanden. Man sieht also, dass die Stärke der Caravane keinen Einfluss auf die Geschwindigkeit hat. Allerdings bei gleichem Zeitverlauf zwischen dem Moment des Aufbruchs und der Ankunft am Lagerplatz legt eine grosse Caravane im Allgemeinen einen kürzeren Weg zurück als eine kleine, weil durch gegenseitiges Aufeinanderwarten der einzelnen Züge bei der ersteren mehr Pausen verursacht werden; wenn aber, wie in unserem Falle, alle Pausen notirt werden, so muss die Geschwindigkeit von der Grösse der Caravane nahezu unabhängig werden. Die unver-

meidlichen Pausen betrugen auf der ganzen Reise durchschnittlich 12 Minuten auf einen Tag. Ein Kameelzug besteht gewöhnlich aus 10—20 hintereinander gebundenen Thieren, vorn von einem Manne geführt beziehungsweise gezogen, und obgleich an die Spitze eines der stärksten Thiere genommen wird, muss doch der ganze Zug in seiner Geschwindigkeit sich der Durchschnittsleistung des Kameels anpassen.

In welchem Maasse die Geschwindigkeit durch Ermüdung und mangelhafte Ernährung der Thiere vermindert wird, lässt sich einigermassen an dem Marsch von Regenfeld durch das Sandmeer nach Siuah bemessen, obgleich natürlich die einzelnen Tageszahlen selbst um einige Procent unsicher sind, wesshalb die folgenden Schlüsse nicht gegen Zweifel geschützt sind. Die betreffenden sehr tüchtigen Kameele waren am 26. Januar von Dachel mit Herrn Hofrath Rohlfs abmarschirt, in Regenfeld lagen sie vom 2.–5. Februar in Ruhe, giengen von dort ab mit ziemlich normaler Geschwindigkeit (4.1), die sich aber nach 6 Tagen merklich verkleinerte (3.8). In Folge eines Rasttages am 12. Februar, an welchem jedes Kameel zum erstenmal seit Dachel, d. h. seit 17 Tagen Trinkwasser bekam, nämlich 10 Liter, hob sich die Geschwindigkeit wieder ziemlich über 4.0, sank aber nach Verlauf einer Woche wieder auf etwa 3.5, obgleich durch Verbranch von Wasser und Kameelfutter die Lasten sich sehr vermindert hatten. Günstig war auf diesem ganzen Marsch der meist geradlinige Weg auf festgewehtem Sande zwischen Dünen.

Die bedeutende Geschwindigkeit 4.4 auf dem Marsch von Beharieh nach Farafrah, auf ungünstigerem Boden als dem soeben beschriebenen, hat ihren Grund darin, dass Alles daran gesetzt wurde, trotz einiger Aufenthalte am 8. und 9. März, am Abend des 11. noch Farafrah zu erreichen.

Auf allen anderen Strecken als den genannten waren die Verhältnisse ungünstiger, wesshalb die mittlere Geschwindigkeit für die ganze Reise kleiner als 4.12 angenommen werden muss. Die Schätzung 4.0 als allgemeiner Mittelwerth ist sonach das Resultat der vorstehenden Betrachtungen.

Ausser der beschriebenen astronomischen Methode der Geschwindigkeitsbestimmung wurde noch ein mechanisches Mittel, entsprechend dem Log des Seemanns, angewendet.

Herr Hofrath Rohlfs hatte nämlich ein sehr zweckmässig construirtes Messrad von 0.8 Meter Durchmesser mitgenommen, welches an 15 verschiedenen Tagen mit zusammen 67 Stunden in Thätigkeit war.

Zuerst musste ein Versuch zur Controlirung der Angaben des Zifferblattes gemacht werden. Bei Siut wurde eine Gerade von 231.45 Meter Länge mit einem stählernen Messband doppelt gemessen und 10 Mal mit dem Rad befahren. Die Resultate waren folgende:

(1) = 230.43^m	(6) = 229.52^m
(2) = 229.32	(7) = 228.60
(3) = 229.41	(8) = 224.93
(4) = 227.97	(9) = 222.20
(5) = 230.42	(10) = 224.93

Gesammtmittel = 227.77^m statt 231.45.

Das Rad würde hiernach die Entfernungen um 1.6 Procent zu klein geben. Aus der stetigen Abnahme der Resultate scheint zu folgen, dass sich im Lauf der Messung der Umfang durch Anhängen von Bodentheilchen vergrössert hat.

Die Resultate der auf dem Marsch selbst gemachten Anwendungen sind im Folgenden zusammengestellt, wobei jedoch die nominellen Angaben des Zifferblattes beibehalten sind.

I. Strecke von Siut bis Farafrah auf Serir- und Hammada-Boden.

Tag	Zeit	Kilometer im Ganzen	Kilometer in 1 Stunde
18. December 1873	$5^h 30^m$	23.714	4.26
19. " "	5 34	22.650	4.07
21. " "	1 50	7.379	4.03
22. " "	1 0	3.804	3.80
23. " "	1 0	3.718	3.72
24. " "	1 0	3.795	3.79
25. " "	1 0	3.752	3.75
26. " "	3 2	12.316	4.06
27. " "	4 22	19.101	4.37
28. " "	1 47	7.390	4.14
	$26^h 5^m$	107.619	4.13

II. Strecke von Farafrah nach Dachel auf Serir, Sand und Hammada.

Tag	Zeit	Kilometer im Ganzen	Kilometer in 1 Stunde
3. Januar 1874	$8^h 12^m$	33.887	4.13
4. " "	9 9	38.851	4.25
5. " "	9 11	38.743	4.22
6. " "	8 56	36.795	4.12
7. " "	5 4	20.829	4.11
	$40^h 32^m$	169.105	4.17

Der Mittelwerth aus beiden Strecken zusammen ist 4.16 Kilometer für 1 Stunde. Oder wenn man nach Maassgabe des Siuter Versuches noch 1.6 Procent zuschlägt, erhält man für die Strecke I: 4.20 und für die Strecke II: 4.24.

Natürlich ist es nun zweifelhaft, ob dieses diejenige Geschwindigkeit ist, die man zur Karten-construction braucht, denn der Radschieber macht eine Menge kleiner Umwege, die man nicht einzeln berücksichtigen kann.

Einen Anhaltspunkt zur Entscheidung gibt auf der Strecke Farafrah-Dachel die astronomische Bestimmung aus den Breitenunterschieden. Diese gab nämlich nach der Zusammenstellung auf S. 54 den Werth 4.26, also etwas mehr als das Radresultat 4.24, während man doch wegen der unvermeidlichen Umwege des Rades das umgekehrte Verhältniss erwarten sollte. Dieser Widerspruch hebt sich jedoch durch die Annahme eines Einsinkens des Rades auf dem in diesem Falle vorherrschenden Sand und sehr weichen Serirboden.

Auf der andern Strecke dagegen (Siut-Farafrah) gestattete der Boden fast niemals Einsinken des Rades, es muss also der Einfluss der Umwege überwiegend sein und es ist die nutzbare Geschwindigkeit kleiner als 4.20 anzunehmen, allein für die Festsetzung eines gewissen Abzuges ist man lediglich auf Schätzung angewiesen.

Mit der Schätzung eines Abzuges von 4—5 Procent kommen wir auf denselben Mittelwerth, der auch auf astronomischem Wege gewonnen wurde (vgl. S. 56), nämlich:

Mittlere Caravanengeschwindigkeit = 4.0 Kilometer pro Stunde.

Nach Ausweis der vorstehenden Zahlenzusammenstellungen hat die nutzbare Geschwindigkeit zwischen nicht weiteren Grenzen als 3.5 und 4.5 geschwankt; wenn man daher auf denjenigen Strecken, für welche keinerlei Geschwindigkeitsmessung vorliegt, den Mittelwerth 4.0 annimmt, so hat man keinen grösseren mittleren Fehler als 6—7 Procent zu fürchten.

Vor der Verwerthung des Itinerars zur Controle der astronomischen Längenbestimmungen ist noch die mittlere Peilungsgenauigkeit zu bestimmen. Wir nehmen an, dass die Peilungsfehler von einander unabhängig und gleich wahrscheinlich positiv und negativ sind. Denkt man sich eine nahezu geradlinige Marschlinie von der Länge L in n gleichen Abschnitten von der Länge l je einfach mit dem mittleren Winkelfehler δ gepeilt, so ist die mittlere lineare Abweichung für die Länge l der Werth $l\delta$ und die mittlere lineare Gesammtabweichung

$$d = l\,\delta\,\sqrt{n} = \delta\,\sqrt{Ll} = m\,\sqrt{L}$$

wenn m die mittlere Abweichung für die als Einheit angenommene Länge l ist. Zur Bestimmung von m dient die Vergleichung der durch das Itinerar gewonnener Breitenunterschiede mit den astronomisch bestimmten Werthen derselben auf denjenigen Strecken, welche nahezu in der West-Ost-Richtung liegen. Hiernach erhalten wir aus den früheren Resultaten S. 49—54 die folgende Tafel:

Bestimmung der Peilungsgenauigkeit.

Oertlichkeit	Tag 1873 und 1874	Marschzeit L	Breitenunterschied astronomisch $\Delta\varphi$	Breitenunterschied n. d. Itinerar $\Delta\varphi'$	Abweichung d	Abweichung d^2
Zwischen Sint und Farafrah	Dezember 22	9ʰ1	+ 0ʹ98	+ 1ʹ95	0ʹ97	0.94
	„ 23	9.0	— 1.70	— 6.22	4.52	20.43
	„ 24	9.7	— 6.70	— 9.87	3.17	10.05
	„ 25	9.2	— 3.50	— 5.81	2.31	5.34
	„ 26	8.5	— 4.60	— 3.55	1.05	1.10
	„ 27	8.4	— 6.12	— 5.88	0.24	0.06
	„ 29	7.8	— 0.68	— 1.57	0.89	0.79
	„ 30	7.7	— 2.65	— 3.73	1.08	1.17
Bir-Dikker	Januar 3	8.0	— 9.27	— 7.97	1.30	1.69
Zwischen Siuah und Beharieh	Februar 25	6.0	— 3.97	— 4.13	0.16	0.03
	„ 26	9.8	— 3.28	— 2.64	0.64	0.41
	„ 27	9.8	— 9.53	— 9.53	0.00	0.00
	Feb. 28 u. M. 1	17.1	— 12.55	— 13.49	0.94	0.88
	März 2 5	43.4	— 17.38	— 16.79	0.59	0.35
	„ 6	5.9	— 4.08	— 6.61	2.53	6.40
Zwischen Dachel und Chargeh	„ 19	8.6	+ 3.88	+ 4.03	0.15	0.02
	„ 20	5.3	+ 0.03	— 0.23	0.26	0.07
	„ 21	10.3	+ 4.98	+ 5.18	0.20	0.04
	„ 22	8.9	+ 0.38	+ 1.39	1.01	1.02
	„ 23	10.7	— 10.40	— 10.45	0.05	0.00
Zwischen Chargeh und Esneh	„ 27	9.9	1.12	+ 0.03	1.15	1.32
	„ 28	10.1	+ 1.27	+ 1.51	0.24	0.06
	„ 29	9.0	+ 3.63	+ 2.63	1.00	1.00
	„ 30	10.3	+ 7.68	+ 8.33	0.65	0.42
		252.5				53.59

Unter Vernachlässigung der geringen Neigung der einzelnen Strecken gegen die West-Ost-Richtung ist die mittlere Querabweichung des Endpunktes einer 1^h langen Strecke:

$$m = \sqrt{\frac{53.59}{252.5}} = \pm 0\overset{\prime}{.}46 = \pm 0^h\!.212\,.$$

Der entsprechende Winkelfehler ist $\pm 12^0$.

Die obige Zusammenstellung zeigt unzweideutig, dass die erste Strecke Siut-Farafrah als Lehrstrecke gedient hat, denn das Peilen auf dem stark schaukelnden Kameel nach einem Taschencompass, dessen Nadel beständig durch einen halben Quadranten oscillirt, verlangt eine gewisse Uebung, ferner war auf der ersten Strecke ein kleinerer Compass (der später verloren gieng) im Gebrauch, als der auf S. 45 genannte; sodann gieng ich später der Peilungen wegen mehr zu Fuss als Anfangs, und endlich ist die erste Strecke weniger genau als die folgenden, weil ich damals zu der ganzen Itineraraufnahme nach Compass und Marschzeit noch nicht das später erst durch Vergleichung mit astronomischen Resultaten gewonnene Vertrauen hatte. Mit Ausscheidung der ersten Strecke erhält man bezw. $\pm 0\overset{\prime}{.}27 = \pm 0^h\!.13$ und $\pm 7^0$ als mittleren Peilungsfehler für 1 Marschstunde. Der entsprechende astronomische Längenunterschied ist ungefähr 1^s. Durch die Peilungen eines Meridianmarsches von L Marschstunden wird daher der astronomische Längenunterschied des Anfangspunktes und des Endpunktes bestimmt mit einem mittleren Fehler, der in runder Zahl $\pm \sqrt{L}$ Zeitsecunden ist.

Da sämmtliche hier in Betracht kommende Strecken des Itinerars entweder nahezu in der Meridianrichtung oder nahezu in der West-Ost-Richtung liegen, erhalten wir folgende Regeln für die Bestimmung der mittleren Fehler der daraus abgeleiteten Längenunterschiede:

1. Wenn eine Strecke von der Länge L Marschstunden den ziemlich spitzen Winkel α mit dem Meridian macht, so wird die Marschgeschwindigkeit so angenommen, dass der durch das Itinerar bestimmte und der astronomisch gemessene Breitenunterschied stimmen, und dann ist der mittlere Fehler des Längenunterschieds $= \pm \sqrt{L} \sec \alpha$ Zeitsecunden anzunehmen.

2. Wenn eine Strecke nahezu in die West-Ost-Richtung fällt, so wird nach S. 57 die Geschwindigkeit = 4.0 Kilometer angenommen und der mittlere Fehler des damit berechneten Längenunterschiedes wird zu 7 Procent seines Werthes angenommen.

Nach diesen Regeln erhalten wir folgende Resultate:

Hamrah bei Siut — Farafrah	$= - 12^m\ 55^s \pm 54^s$
Farafrah — Dachel	$= + \ 3\ \ 57 \pm \ 8$
Dachel — Regenfeld	$= - \ 6\ \ 57 \pm 42$
Regenfeld — Siuah	$= - \ 7\ \ \ 1 \pm 13$
Siuah — Beharieh	$= + 13\ \ 26 \pm 56$
Beharieh — Farafrah	$= - \ 3\ \ \ 9 \pm \ 7$
Dachel — Chargeh	$= + \ 6\ \ 43 \pm 28$
Chargeh — Esneh	$= + \ 8\ \ \ 0 \pm 34$

Der mittlere Fehler der Strecke Dachel-Regenfeld ist wegen der ausnahmsweise grösseren Unsicherheit (vgl. S. 48) zu 10 Proc. angenommen.

Da ausserdem noch der Längenunterschied Esneh-Hamrah = — 5^m 27ˢ genau bekannt ist (S. 5), hat man zwei Polygonabschlussproben, welche vorzüglich stimmen; es gibt nämlich das Polygon Hamrah-Farafrah-Dachel-Chargeh-Esneh-Hamrah einen Schlussfehler von 18ˢ und das Polygon Farafrah-Dachel-Regenfeld-Siuah-Beharieh-Farafrah einen solchen von 16ˢ. Damit ist auch bewiesen, dass die berechneten mittleren Fehler nicht zu klein angenommen sind.

Ausgleichung der geographischen Längen.

Weder die Chronometerübertragung, noch die Monddistanzen, noch das Itinerar, je für sich allein behandelt, würden befriedigende Längenbestimmungen geben; jedoch lässt sich erwarten, dass die Vereinigung aller dieser Einzelbestimmungen die Genauigkeit wesentlich erhöhen werde.

Der Chronometergang liefert den Faden zur Aneinanderreihung aller auf Längenbestimmung bezüglichen Messungen. Man pflegt den Gang eines Chronometers darzustellen als Function der Zeit und der Temperatur durch eine algebraische Formel zweiten Grades in Beziehung auf diese zwei Veränderliche, welche demnach 6 Constante enthalten muss, und zwar sprechen gewisse theoretische Gründe für diese Form; in unserem Falle kann jedoch die Temperatur des Chronometers nicht in die Formel aufgenommen werden, weil sie nicht genügend bekannt ist. (Während des grössten Theils der Expedition trug ich den Chronometer Tag und Nacht mit den zugehörigen Kleidern am Leibe, so dass hier die Temperatur als constant angenommen werden kann, doch war er auch oft bei Nacht besonders aufgehängt), auch tritt bei einem Taschenchronometer der Einfluss der Temperatur gegen zufällige Gangstörungen bedeutend zurück. Die Hauptursache der Gangänderung ist das in der Wüste unvermeidliche Eindringen von Staub, wie die später von dem Verfertiger vorgenommene Untersuchung gezeigt hat, obgleich für diese Staubtheilchen kein anderer Weg als durch den Bügelaufzug vorhanden ist.

Diese Ursache erklärt vollkommen die stetige Verzögerung des Ganges, welche schon aus der Zusammenstellung von Seite 9 und 10 ersichtlich ist. Es ist also gerechtfertigt, den Gang nur als Function der Zeit darzustellen, jedoch kann die dazu dienende Function keinen anderen als lediglich empirischen Charakter haben. Es ist nicht gerathen, in die Function viele Constante aufzunehmen, weil sonst der Gang sich zu nahe an die Einzelbeobachtungen anschmiegt, statt deren Fehler auszugleichen. Wir bestimmen eine Function nicht für den Gang, sondern unmittelbar für den Stand, welcher an den Anbinde-

punkten Hamrah bei Siut und Esneh durch die Ortszeit-Bestimmungen bekannt geworden ist. Die Ortszeit-Bestimmungen können im Vergleich mit den Bestimmungen der Greenwich-Zeit aus Monddistanzen oder mit den relativen Längenbestimmungen des Itinerars als fehlerfrei betrachtet werden, wesshalb die Anbindepunkte bereits 2 Constante bestimmen; 2 weitere Constante werden durch die Knotenpunkte Farafrah und Dachel festgelegt, es muss also eine algebraische Function zur Darstellung des Chronometerstandes mindestens vom 4. Grad sein, wenn noch Ausgleichung möglich sein soll, und aus dem bereits angegebenen Grunde gehen wir nicht weiter.

Damit verzichten wir auch auf Verwerthung der Gangbestimmungen, welche kürzere Aufenthalte an einzelnen Rastpunkten geliefert haben, denn es ist zweifelhaft, ob der Chronometergang auf dem Marsch derselbe war wie im Lager; zudem ist bei dem geringen Intervall von nur wenigen Tagen der Gang nur unsicher bestimmt.

Bezeichnungen: Es sei $2T$ das Zeitintervall, in Tagen gemessen, von der Ortszeit-Bestimmung am Anbindepunkt (Hamrah) bis zur Ortszeit-Bestimmung am Abschlusspunkt (Esneh), und t die veränderliche Zeit, von der Mitte rückwärts und vorwärts, beziehungsweise negativ und positiv, gezählt. Für irgend welchen Ort und die Zeit t bezeichnen wir

$$G = \text{Chronometer} - \text{Greenwich-Zeit}$$
$$O = \text{Ortszeit} - \text{Chronometer}.$$

(Die Vorzeichen sind so gewählt, dass in unserem Falle G und O stets positiv sind). Die Länge λ des Ortes ist dann: $\lambda = G + O$.

Als Näherungswerth von G betrachten wir in jedem Fall denjenigen Werth, welchen man erhält durch die Annahme eines constanten Gangs während der ganzen Zeit $2\,T$, dieser Näherungswerth werde jeweils durch G^0 bezeichnet und die noch an ihm anzubringende Correction mit Δ, so dass allgemein $G = G^0 + \Delta$. Es kommt also nur noch darauf an, Δ, welches am Anfang und Ende $= 0$ ist, als Function der Zeit t darzustellen.

Eine Function 4. Grades in Beziehung auf t, welche für $t = -T$ und für $t = +T$ verschwindet, ist die folgende

$$\Delta = x\left(1 - \frac{t^4}{T^4}\right) + yt\left(1 - \frac{t^2}{T^2}\right) + zt^2\left(1 - \frac{t^2}{T^2}\right) \qquad (1)$$

oder
$$\Delta = A\,x + B\,y + C\,z \qquad (2)$$

wobei
$$A = \left(1 - \frac{t^4}{T^4}\right) \qquad B = t\left(1 - \frac{t^2}{T^2}\right) \qquad C = t^2\left(1 - \frac{t^2}{T^2}\right) \qquad (3)$$

x, y und z sind die weiter zu bestimmenden Constanten.

Auf einem Knotenpunkt des Itinerars ist zur Zeit t_1 und zur Zeit t_2 Ortszeit bestimmt worden und es sind die entsprechenden Gleichungen (1) die folgenden:

$$\Delta_1 = A_1\,x + B_1\,y + C_1\,z$$
$$\Delta_2 = A_2\,x + B_2\,y + C_2\,z\,.$$

Die Differenz $\Delta_1 - \Delta_2$ lässt sich vermöge der Beziehungen zwischen Ortszeit, Greenwich-Zeit und Länge eliminiren, so dass wir erhalten

$$(A_2 - A_1)\,x + (B_2 - B_1)\,y + (C_2 - C_1)\,z + O_2 - O_1 + G^0_2 - G^0_1 = 0\,. \qquad (4)$$

Ein zweiter Knotenpunkt gibt eine ähnliche Gleichung:

$$(A_4 - A_3)\,x + (B_4 - B_3)\,y + (C_4 - C_3)\,z + O_4 - O_3 + G^0_4 - G^0_3 = 0\,. \tag{5}$$

Mit Hülfe dieser beiden Gleichungen lässt sich y und z in x ausdrücken durch 2 Gleichungen von der Form:

$$y = \alpha + \beta\,x \qquad\qquad z = \alpha' + \beta'\,x\,. \tag{6}$$

Setzt man dann diese zwei Ausdrücke in (2), so erhält man

$$a\,x + b - \varDelta = 0 \tag{7}$$

wobei

$$\left.\begin{aligned} a &= A + B\,\beta + C\,\beta' \\ b &= \phantom{A + {}} B\,\alpha + C\,\alpha' \end{aligned}\right\} \tag{8}$$

Jede Mond-Distanzen-Messung liefert einen Werth G, also mit Zuziehung der Näherung G^0 auch einen Werth $\varDelta$ und folglich eine Fehlergleichung

$$\delta = a\,x + (b - \varDelta)\,. \tag{9}$$

Das Gewicht dieser Gleichung ist entsprechend dem a priori geschätzten mittleren Fehler von G zu nehmen.

Jede Itinerarstrecke liefert den Unterschied der geographischen Längen λ_α und λ_β des Anfangspunktes und des Endpunktes und wenn an beiden Punkten Ortszeit bestimmt ist, so hat man zwei Gleichungen

$$\lambda_\alpha = G_\alpha + O_\alpha = G^0_\alpha + O_\alpha + a_\alpha\,x + b_\alpha\,y$$

$$\lambda_\beta = G_\beta + O_\beta = G^0_\beta + O_\beta + a_\beta\,x + b_\beta\,y$$

deren Differenz abermals eine Fehlergleichung liefert, nämlich

$$\delta = (a_\beta - a_\alpha)\,x + \left[(b_\beta - b_\alpha) + (G^0_\beta - G^0_\alpha) + (O_\beta - O_\alpha) + (\lambda_\alpha - \lambda_\beta)\right] \tag{10}$$

Das Gewicht dieser Gleichung ist entsprechend dem a priori geschätzten mittleren Fehler der Itinerarübertragung zu nehmen.

Man hat also zwei Arten von Fehlergleichungen, nämlich (9) und (10), welche jedoch die gemeinsame Gestalt haben:

$$\delta = a\,x + w\,. \tag{11}$$

Indem man die Gewichte mit p bezeichnet, findet man daher

$$x = -\frac{[p\,a\,w]}{[p\,a\,a]}\,,\ \text{also ist nach (7)}\ \varDelta = a\,x + b\ \text{ bestimmt,} \tag{12}$$

sowie nebenbei:

$$[p\,\delta\,\delta] = [p\,w\,w] - \frac{[p\,a\,w]}{[p\,a\,a]}\,[p\,a\,w] \tag{13}$$

und damit hat man auch alle zur Genauigkeitsbeurtheilung erforderlichen Grössen.

Für die Anwendung der vorstehenden Formeln auf unsern Fall stellen wir zuerst die zu benützenden Ortszeiten nach Seite 10 zusammen. Wenn auf einem Punkt bei mehrtägigem Aufenthalt mehr als einmal Ortszeit bestimmt wurde, so müssen wir, wie schon früher bemerkt, hieraus ein Mittelresultat bilden, weil der Chronometergang auf dem Marsch ein anderer gewesen sein kann als im Lager.

In Hamrah ist aus diesem Grunde nur die Messung vom 16. December benützt, dagegen in Esneh diejenige vom 3. April, weil die Messung vom 2. April unsicherer ist. Auf diese Weise sind folgende Werthe erhalten:

Hamrah	December	16	$t = -54$	$O = 1^h\ 9^m\ 8^s.6$ *)
Farafrah	Januar	2	$t = -37$	$O = 0\ 56\ 35.8$
Dachel	Januar	10	$t = -29$	$O = 1\ \ 0\ 24.9$
Regenfeld	Februar	1	$t = -\ \ 7$	$O = 0\ 55\ \ 6.7$
Siuah	Februar	22	$t = +14$	$O = 0\ 48\ 17.1$
Beharieh	März	7	$t = +27$	$O = 1\ \ 2\ 26.0$
Farafrah	März	12	$t = +32$	$O = 0\ 59\ 11.0$
Dachel	März	17	$t = +37$	$O = 1\ \ 2\ 59.1$
Chargeh	März	24	$t = +44$	$O = 1\ 10\ 11.5$
Esneh	April	3	$t = +54$	$O = 1\ 18\ 40.2$

Die bekannten Längen von Hamrah und Esneh (vergl. Seite 5) geben die Reductionen auf Greenwich-Zeit nämlich

Hamrah $t = -54$ Chron. — Greenw.-Zeit $G = 0^h\,55^m\,39^s.8$

Esneh $t = +54$ Chron. — Greenw.-Zeit $G = 0\ 51\ 35.5$

Der mittlere tägliche Gang ergibt sich für die Zeit von 108 Tagen hieraus = $2^s.262$ verzögernd und damit lassen sich die Näherungswerthe G^0 berechnen.

Die bereits auf Seite 44 und 45 zusammengestellten Resultate der Mond-Distanzen-Messungen liefern folgende Fehlergleichungen von der Form (9)

Lagerplatz vom 26. December	$t = -44$	$\delta = +1.33\,x - \ \ 55$	$p = 10$
Bir-Keraui	$t = -42$	$\delta = +1.47\,x - \ \ 56$	$p = 25$
Farafrah	$t = -37$	$\delta = +1.65\,x - \ \ 36$	$p = 10$
Dachel	$t = -30$	$\delta = +1.65\,x - \ \ 72$	$p = 10$
Einsiedel II	$t = -15$	$\delta = +1.25\,x - 146$	$p = 10$
Regenfeld	$t = -\ \ 8$	$\delta = +1.08\,x - \ \ 37$	$p = 25$
Regenfeld	$t = -\ \ 4$	$\delta = +1.02\,x - \ \ 73$	$p = 10$
Siuah	$t = +14$	$\delta = +1.20\,x + \ \ 29$	$p = 10$
Siuah	$t = +15$	$\delta = +1.23\,x - \ \ 55$	$p = 10$
Beharieh	$t = +27$	$\delta = +1.60\,x - \ \ 47$	$p = 10$
Farafrah	$t = +32$	$\delta = +1.65\,x - \ \ 75$	$p = 10$
Lebkak	$t = +41$	$\delta = +1.50\,x - \ \ 32$	$p = 10$

Die Absolutglieder sind in Einheiten von 1^s angegeben; dabei ist abgesehen von einer Reduction auf den nächstliegenden Mittag wegen Chronometergangs, weil dieselbe höchstens 1^s beträgt und theilweise unsicher ist.

Die auf S. 59 zusammengestellten Itinerarstrecken liefern mit Zuziehung der Ortszeiten folgende Fehlergleichungen:

---

*) Mit Rücksicht auf die Standänderung in Farafrah vgl. S. 8.

Hamrah—Farafrah	$\delta = +1.65\,x - 38$	$p = 3$
Farafrah—Dachel	$\delta = +0.02\,x + 22$	$p = 156$
Dachel—Regenfeld	$\delta = +0.57\,x - 65$	$p = 6$
Regenfeld—Siuah	$\delta = +0.14\,x - 41$	$p = 60$
Siuah—Beharieh	$\delta = +0.37\,x + 2$	$p = 3$
Beharieh—Farafrah	$\delta = +0.08\,x - 21$	$p = 200$
Dachel—Chargeh	$\delta = +0.31\,x - 16$	$p = 13$
Chargeh—Esneh	$\delta = +1.32\,x - 26$	$p = 10$

Nun ist nach (12) und (13)

$$[p\,a\,a] = +317.7 \qquad [p\,a w] = -12364 \qquad [p\,w\,w] = +90571$$

$$x = +38.92 \qquad [p\,\delta\,\delta] = 424545\,.$$

Man kann hiemit für jeden einzelnen Fall $\varDelta = a\,x + b$ nach (7) berechnen, dann Chronometer — Greenwich-Zeit $= G = G^0 + \varDelta$ und endlich mit Zuziehung der Ortszeit die Länge λ.

Die Resultate sind:

Marak	Länge von	Greenwich =	2^h	3^m	22^s
Lager v. 26.—27. Dec.	„	„	1	56	10
Farafrah	„	„	1	52	20
Dachel	„	„	1	55	54
Einsiedel I	„	„	1	54	30
Einsiedel II	„	„	1	52	32
Regenfeld	„	„	1	49	40
Sandheim	„	„	1	45	56
Siuah	„	„	1	42	4
Aradj	„	„	1	45	43
Beharieh (Bauiti)	„	„	1	55	47
Tenidah	„	„	1	57	55
Chargeh	„	„	2	2	41
Lager v. 27.—28. März	„	„	2	4	35

Man kann nun sämmtliche Fehler δ nach den Gleichungen (9) und (10) berechnen, dieselben sind in Einheiten von 1^s für die Monddistanzen (vgl. S. 44 und 45):

$$-3 \;+1 \;+28 \;-8 \;-98 \;+5 \;-33 \;+76 \;-7 \;+15 \;-10 \;+26$$

und für die Itinerarstrecken (vgl. 59)

$$-27 \;-23 \;-43 \;+35 \;+17 \;+18 \;+4 \;-25$$

Die Summe der mit ihren Gewichten multiplicirten Quadrate dieser Werthe ist $[p\delta\delta] = 425840$, hinreichend übereinstimmend mit dem schon oben angegebenen Werth 424545 dieser Summe.

Der mittlere Fehler einer Beobachtung vom Gewicht 1 findet sich hieraus $= \pm 149^s$. Der mittlere Fehler einer Beobachtung vom Gewicht 10 wird $= \pm 47^s$. Das Gewicht 10 ist dem Resultat einer Gruppe von Monddistanzen zugetheilt gewesen, dessen mittlerer Fehler a priori zu $\pm 30^s$ geschätzt war; der grössere Betrag $\pm 47^s$ rührt offenbar von der aussergewöhnlich abweichenden Messung in Einsiedel II

her. Der mittlere Fehler von x selbst wird $= \pm 8.4$ und damit lassen sich auch sofort die mittleren zu fürchtenden Fehler der mit Hülfe der Constanten x bestimmten Längen angeben, nämlich $\pm 8.4\,a$ und zwar findet man für die Hauptpunkte:

		in Zeit	in Bogen	in Distanz
Farafrah	mittlerer zu fürchtender Fehler der Länge	$= \pm 14^s$	$\pm 3'$	± 6 Kilom.
Dachel	„ „ „ „ „ „	± 14	± 3	± 6 „
Regenfeld	„ „ „ „ „ „	± 9	± 2	± 4 „
Siuah	„ „ „ „ „ „	± 10	± 2	± 4 „
Beharieh	„ „ „ „ „ „	± 13	± 3	± 5 „
Chargeh	„ „ „ „ „ „	± 11	± 3	± 5 „

Die eigenthümliche Vertheilung rührt von der Lage der Knotenpunkte her.

Obgleich wegen des rein interpolatorischen Charakters der Formel für den Chronometergang diese Werthe nicht in aller Strenge als mittlere zu fürchtende Fehler in dem gewöhnlichen Sinn betrachtet werden dürfen, gewähren sie doch eine genügende objective Schätzung der erlangten Genauigkeit.

Die geographischen Lagen aller 5 Oasen sind schon im Winter 1819—20 von Cailliaud und Letorzec bestimmt worden, und obgleich Vergleichung unserer neuen Resultate mit älteren Angaben später ausführlicher behandelt werden soll, verlangt doch die nachher zu machende Untersuchung der Caravanengeschwindigkeit schon jetzt, die Vergleichung mit den Cailliaud'schen Resultaten vorzunehmen. Die Beobachtungspunkte sind in Siuah, Farafrah und Dachel nahezu dieselben, in Chargeh hat Cailliaud den Tempel bestimmt, während mein Beobachtungspunkt an der nordöstlichen Ecke der Stadt sich befand, doch liegen beide Punkte für den vorliegenden Zweck hinreichend genau in einem Meridian; dagegen in Beharieh hat Cailliaud im östlichen Theil (Sabu mit Mendischeh) und ich im westlichen Theil (Gassr mit Bauiti) beobachtet. Die Entfernung beider wird von Cailliaud (I S. 147 und 148) zu $1^3/_4$ Stunden Marsch (wobei zwei Begleiter zu Pferd waren) angegeben, wofür etwa 9 Kilometer oder 20^s zu setzen sind. Bringt man diese Reduction an, so erhält man folgende Vergleichung:

Ort	Geographische Länge v. Greenw.		Differenz.
	nach Cailliaud	nach Jordan	
Siuah	$1^h\ 43^m\ 53^s$	$1^h\ 42^m\ 4^s \pm 10^s$	$-1^m 49^s$
Beharieh (Bauiti)	1 55 55	1 55 47 ± 13	$-$ 8
Farafrah	1 52 43	1 52 20 ± 14	$-$ 23
Dachel	1 55 57	1 55 54 ± 14	$-$ 3
Chargeh	2 2 25	2 2 41 ± 11	$+$ 16

Die einzige erhebliche Differenz zeigt sich bei Siuah, nämlich $1^m\ 49^s = 0^0\ 27' = 44$ Kilometer oder 1 starke Tagereise; nach Ausweis des mittleren Fehlers wäre das neue Resultat das richtigere.

Nach Feststellung der endgiltigen Längen lässt sich endlich die Caravanengeschwindigkeit bestimmt angeben. Aus dem Längenunterschied $\Delta\lambda$, dem Breitenunterschied $\Delta\varphi$ und der Mittelbreite φ zweier Orte findet man die Entfernung:

$$D = \sqrt{\left(\frac{\varDelta \lambda}{\cos \varphi}\right)^2 + (\varDelta \varphi)^2}$$

Wenn nun sowohl dieser Werth berechnet wird, als auch ein entsprechender Werth D' mit Hülfe der Werthe $\varDelta \lambda'$ $\varDelta \varphi'$, welche das Itinerar unter Annahme einer Geschwindigkeit von 4 Kilometern pro Stunde geliefert hat, (vgl. S. 49—54) so ist die wahre Geschwindigkeit für die betrachtete Strecke:

$$v = \frac{D}{D'} \, 4 \text{ Kilometer.}$$

Hiernach sind die im Folgenden zusammengestellten Werthe berechnet worden.

Um zugleich den durchschnittlichen Werth eines Tagemarsches festzustellen, ist für jede Strecke die Anzahl der darauf verwendeten Tage beigesetzt. Da aber manche Tage darunter sind, welche durchaus nicht nur zum Marschiren gedient haben, z. B. wenn bereits am Vormittag ein Ziel erreicht wurde, oder wenn nicht schon Morgens aufgebrochen wurde, oder wenn es sich nur um eine kleine bestimmte Veränderung des Lagers handelte, so wurde die Regel angenommen, jeden Tag, an dem weniger als 5 Stunden marschirt ist, als $^1/_2$ Tag in Rechnung zu nehmen.

Strecke	Marschzeit Tage	Stunden	Weg in 1 Stunde Kilometer	
Hamrah—Farafrah	$12\frac{1}{2}$	91.0	3.85	Allgemeines Mittel: Caravanengeschwindigkeit in 1 Stunde = 4.00 Kilometer. 1 Tagmarsch = 8.7 Stunden.
Farafrah—Dachel	5	44.1	4.14	
Dachel—Regenfeld	$7\frac{1}{2}$	51.6	3.61	
Regenfeld—Siuah	14	126.5	4.02	
Siuah—Beharieh	10	92.0	4.07	
Beharieh—Farafrah	4	38.3	4.52	
Farafrah—Dachel	$3\frac{1}{2}$	42.6	4.29	
Dachel—Chargeh	6	53.0	4.03	
Chargeh—Esneh	6	58.8	3.79	
	$68\frac{1}{2}$	597.9	4.005	

Eine ähnliche Zusammenstellung lässt sich auch für die Cailliaud'sche Reise machen, da das Itinerar derselben ausführlich mitgetheilt ist (Band IV. S. 115—162). Leider enthält übrigens dieses Itinerar nicht lauter Originalzahlen, denn die einzelnen Strecken sind bereits in Seemeilen ausgedrückt. Ausserdem ist aber Abgang und Ankunft jedesmal angegeben, wesshalb nur noch ein Zweifel über die unvermeidlichen kleinen Pausen unterwegs besteht. Sieht man hiervon ab, so findet man durch Zusammenstellung aller einzelnen Angaben folgende Geschwindigkeiten der Cailliauds'schen Reise:

Strecke	Geschwindigkeit in 1 Stunde.
Fayum—Siuah	3.74 Kilometer
Siuah—Beharieh	3.61 „
Beharieh—Farafrah	3.94 „

Strecke	Geschwindigkeit in 1 Stunde.
Farafrah—Dachel	3.97 Kilometer
Dachel—Chargeh	3.91 „
Chargeh—Siut	4.13 „

Es fällt sofort auf, dass auf den zwei ersten Strecken die Geschwindigkeit kleiner ist, als auf allen folgenden, und zwar erklärt sich dieses durch die falsche von Cailliaud gefundene Länge von Siuah. Wenn man die richtige Länge zu Grunde legt, so erhält man folgende Zusammenstellung:

Strecke	Marschzeit		Weg in 1 Stunde	Resultate der Cailliaud'schen Reise:
	Tage	Stunden	Kilometer	
Fayum—Siuah	16½	160.5	3.98	Allgemeines Mittel:
Siuah—Beharieh	10	89.6	4.06	Caravanengeschwindig-
Beharieh—Farafrah	4½	43.1	3.94	keit in 1 Stunde
Farafrah—Dachel	4	44.6	3.97	= 4.00 Kilometer.
Dachel—Chargeh	4½	47.4	3.91	1 Tagmarsch
Chargeh—Siut	4½	52.8	4.13	= 10.0 Stunden.
	44	438.0	4.002	

Die Mittelzahlen für die Geschwindigkeit auf der Cailliaud'schen und unserer Expedition, nämlich beziehungsweise 4.005 und 4.002 Kilometer in 1 Stunde stimmen ganz merkwürdig überein und die Vergleichung der einzelnen Strecken widerspricht der Vermuthung, dass die Uebereinstimmung zufällig sei. Der Geograph hat hiernach das Recht, die Itinerare von Kameelcaravanen in Nord-Ost-Afrika nach dem Maassstab 1 Stunde = 4 Kilometer zu verwerthen, und zwar wird man hiebei kaum um 5 Procent fehlen. Auf der Petermann-Hassenstein'schen 10-Blatt-Karte von Inner-Africa ist 1 Caravanenstunde = $^1/_{25}{}^0$ angenommen, also = 4.4 Kilometer, was zu gross ist. Dagegen nimmt Pacho auf seiner Karte der libyschen Wüste zu wenig, nämlich = $^1/_{30}{}^0$ oder = 3.7 Kilometer.

Cailliaud gibt (I S. 126) die mittlere Kameelgeschwindigkeit zu $^3/_4$ lieue (= 3.34 Kil.) an, was zu wenig ist, aber nur eine sehr summarische Schätzung geben zu wollen scheint, eine eigentliche Berechnung ist hierüber von Cailliaud nicht angestellt. Die verschiedenen allgemeinen Reflexionen, welche Cailliaud (I S. 126) macht, sind sehr unsicher; die eintönigen Gesänge, mit welchen die Beduinen sich und den Kameelen die entsetzliche Einförmigkeit der Wüste vertreiben, mögen auf die Geschwindigkeit einwirken, doch nicht erheblich.

Ob und wie viel die Geschwindigkeit durch den Grad der Inanspruchnahme der Lastthiere beeinflusst wird, ist schon früher (S. 56) erörtert worden.

Als Maximalleistung eines beladenen Kameels kann 4.5 Kilometer angenommen werden, was auf meinem detaschirten Marsch von Beharieh nach Farafrah erreicht worden ist, weil ich mit dem Führer gewettet hatte, wir würden am Abend des 4. Tages nicht mehr nach Farafrah kommen und er deswegen durch fortgesetztes Antreiben der Thiere dieses doch noch erreichte. Bis gegen 3.5 Kilometer sinkt die

Geschwindigkeit nur, wenn mehrere dem Liegenbleiben nahe („batale") Kameele in der Caravane sind, wie auf unseren Strecken Dachel-Regenfeld und Chargeh-Esneh.

Eine Tagereise ergab sich nach der oben festgesetzten Regel auf unserer Expedition = 8.7 Stunden, bei Cailliaud 10.0 Stunden. Der kleinere Werth unserer Reise erklärt sich durch die Grösse der Caravanen. Wenn man in die Lage kommt, z. B. bei erkundeten Routen, eine Angabe nach Tagereisen kartographisch zu verwerthen, wird man mindestens 10 Stunden = 40 Kilometer rechnen müssen, denn die Eingeborenen sind, so verschwenderisch sie sonst mit der Zeit umgehen, wenn einmal der Marsch angetreten ist, sehr ausdauernd. Die Entfernungen Beharieh-Farafrah und Farafrah-Dachel wurden übereinstimmend überall als viertägig genannt, was 1 Tagereise = 44 Kilometer gibt. (Der Mudir von Beharieh erzählte als äusserste Leistung, er habe einmal die Strecke Beharieh-Farafrah-Dachel in 6 Tagen zu Pferd zurückgelegt.)

Man kann deshalb im Winter, zu welcher Zeit den ganzen Tag ohne Pause marschirt wird, im Mittel 1 Tagereise = 40—45 Kilometer rechnen, dagegen in der heisseren Jahreszeit (im Hochsommer ist das Reisen fast unmöglich) wegen der über Mittag zu machenden Pausen 1 Tagereise = 30—35 Kilometer.

Topographie.

Die im Bisherigen mitgetheilten Ortsbestimmungen liefern die Grundlage für die Kartenconstruction. In das Gradnetz, welches in conischer Projection aufgetragen ist, liessen sich alle Punkte eintragen, von denen Länge und Breite bestimmt sind. Sodann wurde für jede Itinerarstrecke ein besonderer Maassstab, entsprechend der betreffenden Geschwindigkeit (vgl. Seite 66), gemacht und dann das ganze Itinerar in rechtwinkeligen Coordinaten, welche durchaus wie bei dem Beispiel von Seite 47 berechnet sind, aufgetragen und mit den Breiten der Zwischenpunkte zum Stimmen gebracht.

Nach Festlegung des Itinerars wurden die wichtigsten Objekte, nämlich die Gebirgsränder, ebenfalls nach Peilungen eingetragen; auf allen Lagerplätzen und an einzelnen andern wichtigen Punkten hatte die Theodolit-Bussole sichere Richtungen nach allen im Horizont sichtbaren Punkten geliefert, welche in Verbindung mit einer Menge von freier Hand genommener Peilungen die Gebirgsecken fast mit derselben

Sicherheit durch Schnitte construiren liessen, welche dem Itinerar selbst zukommt. Die Originalconstruktion ist in 1 : 500000 gemacht und nachher verkleinert. Aehnlich liess sich alles weitere Detail anschliessen.

Terrainzeichnung in dem kleinen Maassstab 1 : 1 300 000 verlangt Generalisirung in hohem Grade. Diese wird im vorliegenden Falle erzielt, wenn die steil abfallenden und scharf begrenzten Gebirgsränder, kräftig hervorgehoben, die übrigen topographischen Objekte aber möglichst zurückgedrängt werden.

Trigonometrische Höhenmessung.

Der mittlere Erdkrümmungshalbmesser ist für 27° Breite $r = 6365000$ Meter und den meteorologischen Verhältnissen entspricht ein mittlerer Refractionscoefficient $k = 0.16$ und damit erhält man zur Berechnung eines Höhenunterschiedes h aus einer Entfernung D und einem Höhenwinkel α die Formel

$$h = D \operatorname{tang} \alpha + \frac{1-k}{2r} D^2 \qquad (1)$$

wobei

$$\log \frac{1-k}{2r} = 2.8195 - 10$$

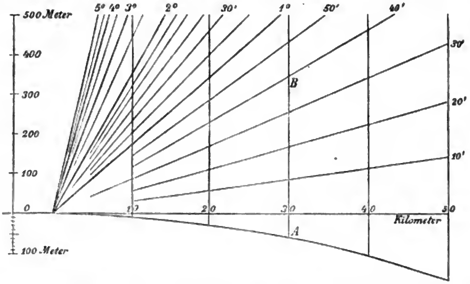
Während diese Gleichung gewöhnlich nur dazu gebraucht wird, um aus gegebenen D und α die Höhe h zu berechnen, wurde in unserem Falle umgekehrt auch die Entfernung D aus gegebenen h und α bestimmt. Eine solche Bestimmung ist natürlich sehr unsicher, allein sie kann wenigstens dazu dienen, mehrere Höhenwinkel und die zugehörigen nur näherungsweise bekannten Distanzen unter sich in Einklang zu bringen und da bei allen Theodolitvisuren die Höhenwinkel mitgemessen sind, so konnten letztere wesentlich zur Festlegung der Gebirgsränder mitwirken. Für solchen Gebrauch der Höhenwinkel ist es aber nöthig, rasch die Gleichung (1) nach D aufzulösen; es wurde zu diesem Zweck eine Tafel berechnet, deren Hauptwerthe folgende sind:

Tafel der Werthe $h = D \operatorname{tang} \alpha + \frac{1-2k}{2r} a^2$

Höhenwinkel	Entfernung D in Kilometern																			
α	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
0° 0′	0	1	2	4	7	9	13	17	21	26	32	38	45	52	60	67	76	86	96	106
0 5	3	7	11	16	21	27	33	40	48	55	64	73	83	93	104	114	126	138	151	164
0 10	6	13	20	28	36	44	54	64	74	85	96	108	121	134	147	160	175	191	207	223
0 15	9	19	29	39	50	62	74	87	100	114	128	143	159	175	191	207	225	243	262	281
0 20	12	24	37	51	65	79	95	110	126	143	160	178	197	215	235	253	274	296	317	339
0 25	15	30	46	63	79	97	115	134	152	172	192	213	234	256	279	300	324	348	373	397

Höhenwinkel α	Entfernung *D* in Kilometern																			
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
0°30′	18	36	55	74	94	114	135	157	179	201	224	248	272	297	322	347	373	401	428	456
0 35	21	42	64	86	109	132	156	180	205	230	256	283	310	338	366	393	423	453	484	514
0 40	24	48	72	97	123	149	176	203	231	259	288	318	348	379	410	440	472	506	539	572
0 45	27	54	81	109	138	167	197	227	257	289	320	353	386	420	454	487	522	558	594	631
0 50	29	59	90	121	152	184	217	250	284	318	352	388	424	460	497	533	571	610	650	689
0 55	32	65	99	132	167	202	237	273	310	347	385	423	462	501	541	580	621	663	705	747
1 0	35	71	107	144	181	219	258	297	336	376	417	458	500	542	585	626	670	715	760	805
1 5	38	77	116	156	196	237	278	320	362	405	449	493								
1 10	41	83	125	167	210	254	299	343	388	434	481	528								
1 15	44	89	134	179	225	272	319	367	415	463	513									
1 20	47	94	142	191	240	289	339	390	441	493										
1 25	50	100	151	202	254	307	360	413	467	522										
1 30	53	106	160	214	269	324	380	437	493											
1 35	56	112	168	226	283	342	401	460	520											
1 40	59	118	177	237	298	359	421	483												
1 45	61	123	186	249	313	377	441	507												
1 50	64	129	195	261	327	394	462	530												
1 55	67	135	203	273	342	412	482													
2 0	70	141	212	284	356	429														
2 5	73	147	221	296	371	447														
2 10	76	153	230	307	385	464														
2 15	79	158	238	319	400	481														
2 20	82	164	247	331	414	499														
2 25	85	170	260	342	429	516														
2 30	88	176	265	354	444															
2 35	91	182	273	366	458															
2 40	94	188	282	377	473															
2 45	96	193	291	389	487															
2 50	99	199	300	401	502															
2 55	102	205	308	412	517															
3 0	106	211	317	424	522															

Schon diese wenigen Zahlen geben bei der Kartenconstruction nach den Peilungen und Höhenwinkeln, welche man bei der Aufnahme in perspectivisch gezeichnete Handrisse eingetragen hat, wichtige Aufschlüsse über die Möglichkeit des Zusammengehörens verschiedener Visuren. Die Höhenwinkel sind nur auf 1—2′ genau gemessen, wesshalb ausser der Tafel, welche im Auszug auf S. 69 und 70 gegebeni st, noch ein Diagramm verwendet wurde, welches in seinen Hauptlinien nachstehender Holzschnitt zeigt.



Der Horizontalmaassstab desselben ist 1 : 500000, der Höhenmaassstaab 1 : 10000, man entnimmt daraus z. B., dass für die Distanz 30 Kilometer und den Höhenwinkel 0° 40′ die Höhe $AB = 410^m$ beträgt, in Uebereinstimmung mit der Tafel. Dieses Diagramm ist besonders dazu geeignet, für gegebenes h und α die Entfernung D zu bestimmen.

Die Bestimmung der absoluten Höhen der Standpunkte, auf welche sich alle trigonometrischen Höhen gründen, ist barometrisch gemacht (vgl. den später folgenden Abschnitt über barometrische Höhenbestimmung). Die in der beschriebenen Weise trigonometrisch bestimmten relativen Höhen sind auch in günstigen Fällen nur auf 10—20^m sicher. Die daraus abgeleiteten absoluten Höhen sind in die Karte eingeschrieben.

Das Nilthal.

Als Anhaltspunkte für die Karte des Nilthales dienten die auf Seite 5 angegebenen neu berechneten Positionen. Zur Einzeichnung des Nillaufes selbst, der Gebirge und der übrigen Objekte sind die vorhandenen Originalkarten, nämlich die topographische Karte der Description de l'Egypte in 1 : 100 000 und die Lepsius-Kiepert'sche Karte von Egypten in 1 : 500 000 benützt, wovon übrigens die letztere

im Wesentlichen eine Reproduction der ersten und der Linant de Bellefonds'schen hydrographischen Karten ist, und deswegen die letzteren schwer zugänglichen Karten zu ersetzen geeignet ist.

Während hiernach das Fluss- und Canalsystem und die Positionen der Städte zuverlässig gegeben sind, bestehen über die Gebirge noch grosse Unsicherheiten. Dass die Terrainzeichnung der Description de l'Egypte, welche ich auf der Reise in der Petermann-Hassenstein'schen Wiedergabe vor Augen hatte, an vielen Stellen gänzlich falsch und jedenfalls durch phantastische Ausschmückungen der Zeichner sehr entstellt ist, zeigte jede Vergleichung mit der Natur, namentlich aber die in der Gegend von Esneh von mir selbst genommenen Peilungen.

Die Karte der Description de l'Egypte ist nach Band II, 2. Theil Seite 29 im Anschluss an die astronomisch bestimmten Punkte mit Messtisch und Bussole in Maassstab 1 : 40000 bis 1 : 86400 aufgenommen worden und dabei blieben die vom Culturland entfernten Gebirgsränder zum grossen Theil ausser Betracht, und nur wo das Gebirge gegen den Nil heranrückt, scheinen einzelne Ecken aufgenommen zu sein, während wahrscheinlich eine rohe Skizze als Grundlage für das detaillirte Terrainbild des topographischen Atlas gedient hat.

Die Kiepert-Lepsius'sche Karte gibt dasselbe Material mit einiger Milderung der wilden Phantasien.

Das ganze libysche Nilufergebirge besteht aus einem fast ununterbrochen fortlaufenden scharf begrenzten Felsrand, ebenso wie die Ufergebirge der Oasen, das arabische Gebirge ist im Süden fast ebenso gestaltet, im Norden zeigt es mehr Gliederung.

Da es nicht meine Aufgabe war, eine Karte des Nilthales zu liefern, so wurden nur die Hauptobjekte nach den genannten Quellen mit Benützung weniger eigener Notizen eingetragen. Die Grenzen des Culturlandes sind für den Zweck einer planimetrischen Bestimmung möglichst genau nach der Description gezeichnet.

Bei den Gebirgsrändern wurde wenigstens der allgemeine Charakter wiederzugeben gesucht. Es drängte sich dabei die Ueberzeugung auf, dass die Oasengebirge nun durch unsere Expedition zum Theil genauer aufgenommen worden sind als die Randgebirge des längst schon von Geographen durchzogenen Nilthales.

Triangulirung und photogrammetrische Aufnahme von Dachel.

(Tafel II.)

Die scharf begrenzten Gebirgsecken des Kessels von Gassr-Dachel forderten zu einer trigonometrischen Bestimmung auf, welche auch mit kleiner Basis rasch sichere Resultate versprach. Zugleich zeigte sich Herr Remelé bereit, auf zweien Basispunkten den ganzen Horizont photographisch aufzunehmen, wodurch ohne weitere Aufnahme ein Plan der Oase gewonnen werden konnte. Die trigonometrische Messung wurde am 11. Januar gemacht mit einer Ergänzung am 15. Januar. Die Anordnung derselben zeigt Tafel II. Die Messungen sind mit dem auf S. 1 beschriebenen Theodolit gemacht.

Zwei Hügel im Norden der Stadt boten sich zweifellos als Hauptstandpunkte dar (P_1 und P_2). Auf dem ersteren derselben wurden mit einem Stahlband 2 Seiten AB und BC eines Dreiecks ABC gemessen, nämlich $AB = 305^m\!.0$ und $BC = 117^m\!.2$. Aus den drei Winkeln $A = 22^\circ\,11'$ $B = 78^\circ\,8'$ $\gamma = 79^\circ\,41'$ fand sich die dritte Seite $AC = 303^m\!.5$ mit hinreichender Genauigkeit. Von diesen Punkten aus wurden sodann die nachgenannten Punkte anvisirt, und da die meisten derselben nicht nur von A und C aus, sondern auch vom B aus sichtbar waren, so wurden dabei Proben in genügender Menge erhalten. Die auf S. 22 mitgetheilte magnetische Declination $6^\circ\!.56$ lieferte die Orientirung, und die Berechnung rechtwinkliger Coordinaten mit dem vorläufigen Ursprung A gab folgende Resultate:

Rechtwinkelige Coordinaten.

Punkt	Ordinate y	Abscisse x	
	m	m	
Basispunkt A	0.0	0.0	Nord $+x$
„ B	+ 122.1	+ 279.6	Ost $+y$
„ C	+ 217.5	+ 211.7	Süd $-x$
Photogr. Standpunkt P_1	+ 19.8	+ 3.1	West $-y$
Minaret I	+ 78.3	− 349.5	
„ II	+ 230.8	− 330.6	
„ III	+ 358.9	− 299.7	
Grosses Schechsgrab (10)	+ 485.8	+ 39.5	
Wohnhaus der Expedition	+ 57.0	− 183.0	
Einzelne Palme (14)	+ 553.0	− 315.0	

Auf dem Punkt P_1 begann gleichzeitig Herr Remelé seine photographische Aufnahme. Auf A wurde sodann ein Signal gesteckt. Aus diesen Punkten konnten dann auch die weiteren Standpunkte P_2 und P_3 mit aller erforderlichen Genauigkeit rückwärts bestimmt werden, wobei sich $P_1\,P_2 = 792^m\!.6$, $P_1\,P_3 = 1815^m$ und $P_2\,P_3 = 2389^m$ fand. Weiter entlegene Punkte, namentlich die fernen Gebirgsecken wurden dann durch Einschneiden von P_1 P_2 und P_3 festgelegt und da hiebei für jeden fernen Punkt immer mindestens zwei Dreiecke vorhanden waren, so wurde alles genügend controlirt. Die nach den gewöhnlichen trigonometrischen Methoden durchgeführte Rechnung hat ergeben, dass die Punkte in der Nähe der Stadt jedenfalls alle auf 1^m unter sich stimmen, während auch die fernsten Gebirgsecken trotz kleiner Parallaxen von nur 5°—10°, mit wenigen Ausnahmen noch auf 20—30^m stimmten. Die Proben waren nicht nur der Messungsfehler wegen von Wichtigkeit, sondern auch zur Constatirung der Identität der anvisirten Punkte. Nur die absolute Vegetationslosigkeit der Gebirge gestattete natürlich diese Messung.

Gleichzeitig mit den Horizontalwinkeln wurden auch alle Höhenwinkel gemessen, und zur Gewinnung eines Höhenhorizontes wurde auch das barometrisch bestimmte Wohnhaus der Expedition mit hereingezogen. Die Höhen stimmten im Allgemeinen noch besser als die Coordinaten, es fanden sich die relativen Höhen in der Nähe der Stadt auf 1^m, die entferntesten noch auf etwa 10^m sicher. Die Meeres-

höhe der Station im Wohnhaus fand sich barometrisch = 108m (vgl. d. Folgende) und mit Annahme dieses Werthes sind auch die Meereshöhen aller übrigen Punkte berechnet worden. Die im folgenden Verzeichniss mitgetheilten Endresultate (bei welchen die Coordinaten auf das Wohnhaus der Expedition als Ausgangspunkt bezogen sind) haben die Grundlage der Karte geliefert und bei jeder Neuconstruction oder Ergänzung der Karte des Gebirgskessels von Gassr-Dachel können sie wieder benützt werden. (Die Nummern dieser Punkte sind auf dem Specialplan von Dachel auf Tafel I beigeschrieben.)

Coordinaten und Höhen der trigonometrisch bestimmten Punkte von Dachel.

Punkt	y + Ost	x + Nord	Höhe über dem Meer	Bemerkungen zu den Höhen
	m	m	m	
Wohnhaus der Expedition .	0	0	108	Erdfläche 100^m Hauptquelle = 96^m
Basispunkt A	− 57	+ 183	133	
„ B	+ 65	+ 463	133	
„ C	+ 160	+ 395	133	
Photogr. Standpunkt P_1 .	− 37	+ 186	133	
„ „ P_2 .	+ 668	+ 548	132	
Basispunkt P_3 .	− 387	− 1597	104	
Minaret I	+ 21	− 166	115	Spitze
„ II	+ 174	− 148	118	„
„ III	+ 302	− 117	118	„
Grosses Schechsgrab (10) .	+ 429	+ 222	106	„ Boden = 97^m
Einzelne Palme (14). . .	+ 496	− 132	116	„
Cailliaud-Baum*). . . .	− 923	− 563	104	„
Edmonstone (1)	− 16024	− 4783	436	Rücken des Berges 485^m
„ (2)	− 17922	− 1712	407	
Felsspitze im Thal (3) . .	− 13937	+ 878	187	
Dj. Lüfte (4)	− 13097	+ 1858	442	
„ „ (5)	− 9240	+ 4030	455	
„ „ (6)	+ 2	+ 3931	423	
Amphitheater (8)	+ 7663	+ 5255	465	
„ (11)	+ 17123	− 2712	496	
„ (13)	+ 14490	− 4050	440	
Dj. Djefata (15)	+ 10876	− 7313	461	
„ „ (16)	+ 11523	− 9199	469	
Hügelspitze (17)	+ 9297	− 10385	164	
Dünenspitze (19) . . .	+ 971	− 3331	103	

*) Es ist dieses eine grosse Sant-Akazie, unter welcher, nach Erinnerung der Eingeborenen, Cailliaud im Jahre 1820 sein Zelt aufgeschlagen hatte.

Die oben erwähnten von Herrn Remelé auf den Punkten P_1 und P_2 aufgenommenen Photographien, welche in 9 Platten auf P_1 und in 8 Platten auf P_2 die beiden Horizonte vollständig darstellen, wurden sodann zur photogrammetrischen Kartenconstruction*) benützt und haben die Details von Tafel II und theilweise von dem Specialplau von Dachel auf der Hauptkarte Tafel I geliefert, nur die Ausdehnung der amphitheatralischen Bucht östlich von Gassr ist hier noch etwas zweifelhaft. Die Fortsetzung des Randes über Balad und Tenidah liess sich trotz störenden Samums in einzelnen Ecken von verschiedenen Seiten wieder erkennen und anvisiren und zur Controle dienten hier, wie auch sonst, die stets mit dem Theodolit gleichzeitig mit den Bussolen-Peilungen gemessenen Höhenwinkel. Von den Ortschaften sind 7 durch das Itinerar selbst bestimmt, die übrigen bewohnten Orte und einzelne Culturplätze mit Quellen sind nach Aufzeichnungen von Hofrath Rohlfs, den Itineraren von Professor Ascherson, welcher zu botanischen Zwecken Vieles begieng, und nach den Erkundigungen von Rohlfs und Ascherson eingetragen.

Farafrah.

Tafel III.

Der Plan von Farafrah ist aufgenommen während der zwei Aufenthalte vom 31. December 1873 bis 2. Januar 1874 und am 12. März 1874. Die Ortschaft selbst mit dem zugehörigen Palmenwald und Feldern ist durch Skizziren und Abschreiten, mit der Bussole in der Hand, erhalten, wornach der besondere Plan von Tafel III im Maassstab 1 : 10000 sehr zuverlässig gezeichnet werden konnte. Von dem grösseren Plan sind ausserdem nur die Parcellen Ain-Guschnah und Ain-Kiffrihn besonders aufgenommen, alles übrige wurde erhalten durch Peilungen von Gassr, Guschnah und Kiffrihn aus, so dass die Oertlichkeit und ungefähre Ausdehnung der übrigen nordöstlichen Stücke, sowie noch Ain-Schimmenadah genügend bestimmt ist. Den südwestlichen Theil zu begehen fand ich keine Zeit, die dort gezeichneten Stücke sind nach Notizen von Ascherson, der sie zu botanischen Zwecken besuchte, eingetragen, mit Benützung der Visuren von Kiffrihn aus, welche nach Südwesten noch weit hinaus einzelne Palmengruppen trafen. Rohlfs nennt als westlichste und südlichste Quellen bezhw. Ain-Hor und Ain-Hadik, welche beide ausserhalb unseres Planes fallen.

Von dem Randgebirge, welches die Gesammt-Oase von Farafrah begrenzt, sind alle wichtigen Ecken, auch die fünf isolirten Gunnaberge durch viele Visuren mit der Theodolit-Bussole festgelegt und in Betreff der Höhe trigonometrisch bestimmt.

*) Näheres über diese Construction findet sich in der von mir herausgegebenen „Zeitschrift für Vermessungswesen", Stuttgart 1876, Band V S. 1—17, mit Plan von Gassr-Dachel in 1 : 5000 und Lithographie der Hauptphotographien.

Chargeh.

Diese Oase ist auf Tafel I fast ganz nach der Aufnahme eingezeichnet, welche Dr. Schweinfurth bei seinem 100 Tage dauernden Aufenthalt im Winter 1873/74 daselbst gemacht hat und die er für unsere Karte zur Verfügung gestellt hat.

Schweinfurth maass eine Basis von $3^1/_2$ Kilometer Länge zwischen El-Chargeh und dem Hügel Nadura (der eine römische Ruine trägt) unmittelbar mit Messbändern, und bestimmte eine grosse Anzahl von Winkeln mit einem für den vorliegenden Zweck genügenden kleinen Instrument. In das so erhaltene Gerippe trug er die Itinerare seiner zahlreichen Wanderungen mit allen Aufnahmen ein und construirte damit eine ausgezeichnete Karte der Oase in dem grossen Maassstab 1 : 100000, welche in der Reduction 1 : 300000 in Petermanns geographischen Mittheilungen, 1875 Tafel 19, mit allen Details veröffentlicht ist.

Auf vier Punkten in der Oase erhielt ich selbst Horizontaufnahmen mit der Theodolit-Bussole, welche zur Controlirung der Schweinfurth'schen Aufnahme dienten; es zeigte sich dabei keine nennenswerthe Differenz. Aus den gleichzeitig mit den Bussolenvisuren gemessenen Höhenwinkeln sind die auf keinem Itinerar liegenden (also nicht barometrisch bestimmten), in die Karte eingeschriebenen Höhen berechnet.

Schweinfurth's Aufnahme und unsere Expedition haben sich gegenseitig in die Hände gearbeitet, die erstere geht nur bis zum Ostrand des Djebel-Taaref, dessen Westrand wir beim Einmarsch vor uns hatten, und dadurch ist die Inselgestalt dieses Berges sicher bestimmt, auch der Nordrand des Thales, in welchem Ain-Amur liegt, schliesst sich in beiden Aufnahmen gut zusammen.

Auch der südliche Theil der Oase, welcher von unserer Expedition nicht erreicht wurde, ist von Schweinfurth noch auf die kleine Basis El-Chargeh—Nadura gegründet worden, indem er im südlichen Theil Rückvisuren von den vorher vorwärts eingeschnittenen Gebirgsecken des nördlichen Theils nahm; ausserdem hat er den verbindenden Itineraren, wie auf allen seinen Reisen, durch Zählung der Kameelschritte und Messen einzelner Strecken eine grosse Sicherheit gegeben.

Der Hauptpunkt Beris fällt nach Schweinfurth's Aufnahme ziemlich südlicher als die Petermann'sche Karte nach dem bisher vorhandenen Material annimmt, letztere gibt nämlich 24° 56′ gegen 24° 44′ bei Schweinfurth.

Zu den übrigen Theilen der Hauptkarte Tafel I ist zu bemerken, dass die meisten Details ausser den Gebirgen, insbesondere kleinere Hügel, Gors und Allems, welche besondere Namen haben, und jedenfalls die ganze Nomenclatur, von Herrn Hofrath Rohlfs aufgenommen sind, mit Ausnahme der Strecke Sittrah-Beharieh-Farafrah, welche ich allein begangen habe. Die Schreibart der Namen, welche oft sehr zweifelhaft ist, wurde später durch Rohlfs und Ascherson festgestellt. Die Namen von europäischem Gepräge, wie Bab-el-Jassmund, Edmonstone etc. sind von Hofrath Rohlfs den betreffenden Objecten beigelegt worden, mit Ausnahme der Benennung für den neu entdeckten Gebirgszug, der Farafrah im Osten begrenzt, welchem ich, dem Führer unserer Expedition zu Ehren, den Namen Rohlfs-Gebirge zuzutheilen mir erlaubte.

Da übrigens die vorerwähnten kleineren Details nebst vielen geologischen und botanischen Notizen von Zittel und Ascherson schon in der Karte veröffentlicht sind, welche dem erzählenden Theile dieses Werkes beigegeben ist, so glaubte ich in der neuen Karte die weniger wichtigen derselben weglassen zu dürfen, um die Uebersichtlichkeit zu fördern und Raum für Höhenzahlen zu gewinnen.*)

Meteorologie.

Beschreibung der Instrumente.

I. Thermometer.

Es ist eine grosse Zahl von Thermometern der verschiedensten Art nach und nach zur Verwendung gekommen.

Herr Hofrath Rohlfs hatte etwa 12 Thermometer von Baudin zur Bestimmung der Lufttemperatur (Schleuderthermometer) und zur Bestimmung der Temperatur von Quellen (Pinselthermometer) angeschafft, welche grösstentheils nach und nach in Verlust giengen. Von denselben ist zwar nur eines nachher unsererseits untersucht und richtig befunden worden, und zwar dasjenige, mit welchem Herr Hofrath Rohlfs die meisten Beobachtungen gemacht hat; es ist aber bei dem Rufe der Firma Baudin fast zweifellos anzunehmen, dass auch die übrigen Thermometer für den vorliegenden Zweck als genügend fehlerfrei betrachtet werden dürfen.

Ich selbst versah mich, da mir mitgetheilt war, dass für Thermometer bereits gesorgt sei, nur mit vier ohne besondere Auswahl dem Handel entnommenen Thermometern, welche vor der Expedition am 30. October 1873 noch in folgender Art untersucht wurden. Die Instrumente seien bezeichnet:

*) Obgleich alle von mir herrührenden, im erzählenden Theile dieses Werkes veröffentlichten Resultate, namentlich auch die Karte, als vorläufig bezeichnet sind, so dass Aenderungen vorbehalten blieben, möchte ich bemerken, dass die einzigen bedeutenderen Verschiebungen, welche sich bei Dachel finden, darin ihren Grund haben, dass einzelne Messungen bei der ersten Construction überhaupt noch nicht benützt waren. Die erwähnte, dem erzählenden Theil beigegebene Karte, welche zuerst in Petermanns geogr. Mittheilungen 1875, Tafel 11, erschien, wurde in ihren wesentlichen Theilen von mir ausgeführt, worauf Dr. Petermann im Auftrage von Hofrath Rohlfs dessen Detailaufnahmen und die geologischen und botanischen Notizen von Prof. Zittel und Prof. Ascherson eintrug. Es sind dadurch einige Unrichtigkeiten entstanden, z. B. in der Farbenanlage für Vegetation, dem Nilgebirge bei Girgeh etc., welche in Voraussicht der Neuconstruction unberichtigt blieben.

CI Therm. mit C^0 Theilung von -15^0 bis $+80^0$
CII „ „ „ „ -17 „ $+80$
R „ „ R^0 Theilung „ -3 „ $+40$
CN „ „ C^0 „ Reservethermometer des Naudet-Aneroids.

Die Ablesungen an R sind im Folgenden bereits in C^0 verwandelt aufgeführt.

Die Vergleichung im schmelzenden Eis gab im Mittel die Stände:

$$CI = +0^{\circ}97 \qquad CII = -0^{\circ}33 \qquad R = +0^{\circ}70 \qquad CN = +0^{\circ}90$$

also die Correctionen bezw.

$$\Delta CI = -0^{\circ}97 \qquad \Delta CII + 0^{\circ}33 \qquad \Delta R = -0^{\circ}70 \qquad \Delta CN = -0^{\circ}90 \qquad (1)$$

und $$\Delta CII = \Delta CI + 1^{\circ}30 \qquad \Delta R = \Delta CI + 0^{\circ}27 \qquad \Delta CN = \Delta CI + 0^{\circ}07 \qquad (2)$$

Eine andere Vergleichung im Wasser ergab die Stände:

$$CI = +13^{\circ}10 \qquad CII = +12^{\circ}00 \qquad R = +12^{\circ}80 \qquad CN = +12^{\circ}95$$

also $$\Delta CII = \Delta CI + 1^{\circ}10 \qquad \Delta R = \Delta CI + 0^{\circ}30 \qquad \Delta CN = \Delta CI + 0^{\circ}15 \qquad (3)$$

woraus durch Vergleichung mit (2) geschlossen werden darf, dass die Correctionen (1) auch bei 13^0 noch hinreichend genau gelten.

Da diese Thermometer wiederholt zur Feuchtigkeitsbestimmung dienten, wurden sie auch auf der Expedition mehrfach unter sich in Wasser verglichen:

Dachel 9. Januar 1874

$$CI = +10^{\circ}97 \qquad CII = +9^{\circ}77 \qquad \Delta CII = \Delta CI + 1^{\circ}20$$

Einsiedel II 24. Januar 1874

$$CI = 11^{\circ}14 \qquad R = 10^{\circ}95 \qquad \Delta R = \Delta CI + 0^{\circ}19$$

Regenfeld 1. Februar 1874

$$CI = +16^{\circ}70 \qquad R = 16^{\circ}38 \qquad \Delta R = \Delta CI + 0^{\circ}32$$

CN wurde auf Einsiedel I, als es zur Temperaturbestimmung des Wüstensandes ausgelegt war, zerbrochen, von CII hatte sich schon im Januar ein Quecksilberfaden abgetrennt, welcher sich nicht mehr mit dem Hauptheil vereinigen liess, ich gab es desshalb in Beharieh dem Mudir als Gastgeschenk. CI und R kamen unversehrt zurück.

Die Herren Ascherson und Remelé hatten privatim je ein Thermometer mit R^0 Theilung, mit denen sie viele Ablesungen machten, das eine wurde in Dachel zerbrochen, das andere gestohlen. Nach diesem Verlust setzte Herr Remelé seine Beobachtungen fort mit einem Thermometer des im erzählenden Theil mehrfach rühmlichst genannten Eingeborenen Hassan-Effendi in Mut in der Oase Dachel. Hassan-Effendi war als früherer Diener des französischen Ingenieurs Lefèvre mit europäischer Technik vertraut geworden. Die Vergleichung seines in C^0 getheilten Thermometers H mit dem obengenannten CI und R ergab am 16. März 1874 in Dachel Folgendes:

C I	*R*	*H*	*H—C I*	*H—R*	*C I—R*
13°5	13°13	13°6	+ 0.10	+ 0.47	+ 0.37
13.8	13.75	14.0	+ 0.20	+ 0.25	+ 0.05
36.5	35.88	36.5	0.00	+ 0.62	+ 0.62
		Mittel	+ 0.10	+ 0.45	+ 0.35

Die Differenz $CI-R$ stimmt im Mittel nahezu mit der früher gefundenen, sodann hat man mit

$$\Delta CI = -0°97 \text{ und } \Delta R = -0°70 \text{ nach (1)}$$

bezw. $$\Delta H = -1°07 \text{ und } = -1°15 \qquad (4)$$

Es sind noch zwei nach Fahrenheit getheilte Thermometer zu erwähnen, an welchen Mr. Hogg in Siut während der Dauer der Expedition Beobachtungen machte*), dieselben wurden von demselben später auf Wunsch nach Karlsruhe zur Untersuchung geschickt, allein bei dem Versuche, einen abgetrennten Quecksilberfaden wieder mit dem Haupttheil zu vereinigen, zersprang das eine davon, die Untersuchung konnte sich also nur auf das andere derselben erstrecken, und zwar dasjenige, welches Mr. Hogg als „inside-thermometer“ neben dem Aneroid zur Bestimmung von dessen innerer Temperatur aufgehängt hatte. Dieses Instrument bezeichnen wir mit F und führen dessen Ablesungen sofort in $C°$ verwandelt auf. Als ich dann auch noch das einzige übrig gebliebene Baudin-Thermometer (B) von Herrn Hofrath Rohlfs erhalten hatte, machte ich endlich im December 1875 noch eine systematische Vergleichung der vier Instrumente CI, R, B und F.

Im Eiswasser zeigten dieselben die Correctionen:

$$\Delta CI = -0°56 \qquad \Delta R = -0°33 \qquad \Delta B = -0°12 \qquad \Delta F = 0.00 \qquad (5)$$

Zur weiteren Untersuchung wurden zwei Geissler'sche Normalthermometer zugezogen. Eine Vergleichung im Wasser gab die Stände:

$$CI = +15°10 \qquad R = +14°84 \qquad B = +14°57 \qquad F = +15°19$$

und für die beiden Geissler nach Anbringung der sorfältig bestimmten Correctionen:

$$14°58 \text{ und } 14°62 \text{ also im Mittel wahre Temperatur} = 14°60 \text{ und damit}$$

$$\Delta CI - 0°50 \qquad \Delta R = -0°24 \qquad \Delta B = +0°03 \qquad \Delta F = -0°59 \qquad (6)$$

Wegen der langen Zwischenzeit zwischen dem Gebrauch selbst und dieser letzten Untersuchung kann diese nur die Richtigkeit der Theilungsintervalle constatiren, die Standcorrectionen haben sich entschieden verändert, wie die Vergleichung von (1) und (5) zeigt.

Aus der ganzen Untersuchung geht soviel hervor, dass es vollkommen zulässig ist, die folgenden constanten Standcorrectionen an den auf der Expedition gemachten Temperaturbeobachtungen anzubringen:

für das Thermometer CI Correction $= -1°0\,C$
„ „ „ CII „ $= +0°3\,C$

*) Vgl. hierüber den später folgenden Abschnitt über „allgemeine Anordnung der Beobachtungen“.

für	das	Thermometer	*R*	Correction	=	— 0°6 *R* = — 0°7 *C*
"	"	"	*CN*	"	=	— 0°9 *C*
"	"	"	*H*	"	=	— 1°1 *C*
"	"	"	*B*	"	=	0°0
"	"	"	*F*	"	=	0°0

Diese Correctionen sind an allen im Folgenden mitgetheilten Beobachtungen bereits angebracht. Die verhältnissmässig wenigen und jedenfalls auf die Hauptresultate ganz einflusslosen Beobachtungen, welche mit nicht controlirten Thermometern gemacht wurden, sind ohne Correctionen benützt. Die Ablesungen von Herrn Hofrath Rohlfs sind sämmtlich mit Baudininstrumenten, meine eigenen mit *C I*, *C II*, *R* und *CN* gemacht.

Wenn auch in der Thermometercontrole nicht durchaus regelrecht verfahren worden ist, so zeigen doch die gemachten Mittheilungen, dass nichts Wesentliches versäumt wurde; zum Beweis dieser Behauptung mussten jedoch die Originalvergleichungen hier vorgelegt werden.

2. Hygrometer.

Die beiden vorhandenen Haarhygrometer von Secretan blieben während der ganzen Dauer der Expedition in merkwürdig guter Uebereinstimmung unter sich, was auch auf absolute Beständigkeit günstige Schlüsse zu machen gestattet. Die Scalen waren von 0—100 gleichförmig getheilt, die Ablesungen schwankten ungefähr zwischen 30 und 100. Es mag genügen, von den Vergleichungen der beiden Instrumente unter sich die folgenden mitzutheilen:

22.	December	1873	70	und	69
23.	"	"	98	"	94
14.	Januar	1874	60	"	60
2.	Februar	"	48	"	48
12.	"	"	64	"	63
22.	"	"	54	"	53

Zur Ermittelung einer Beziehung zwischen der Angabe der Haarhygrometer und der wirklichen Luftfeuchtigkeit wurden Feuchtigkeitsbestimmungen mittelst des trockenen und nassen Thermometers zugezogen. Es sind auf der Expedition selbst in der Zeit vom 13. Dezember bis 2. Februar an 11 verschiedenen Tagen 18 solche Vergleichungen, je etwa eine halbe Stunde lang mit aller Sorgfalt fortgesetzt, gemacht worden, deren Resultate die folgende Tafel zeigt; es bedeutet dabei *H* die Angabe des Haarhygrometers, *T* die Temperatur des trockenen, *t* diejenige des nassen Thermometers, *f* die hieraus in üblicher Weise (nach den Jelinck'schen Psychrometertafeln) berechnete relative Feuchtigkeit in %. Die Beobachtungen sind nach der Grösse von *H* geordnet.

H	T	t	f	$H-f$	H	T	t	f	$H-f$
48	11°2	5°0	28	20	68	18°1	13°5	57	11
53	20.0	11.8	31	22	71	10.3	6.4	52	19
55	18.2	10.8	33	22	76	7.0	3.6	52	24
58	11.9	6.6	39	19	78	8.2	4.8	55	23
59	17.0	10.5	38	21	78	8.0	4.8	57	21
59	21.3	14.3	42	17	90	11.2	9.3	77	13
60	10.7	5.6	39	21	95	7.2	6.9	96	— 1
65	11.0	6.8	50	15	96	1.2	0.5	87	9
67	11.2	6.6	45	22	98	1.0	0.3	87	11

Es wurde hiernach die Interpolationsformel gebildet:

$$H-f = -15.4 + 1.198\,H - 0.987\left(\frac{H}{10}\right)^2 \qquad (1)$$

Der mittlere Fehler einer Vergleichung fand sich dabei $= \pm 5$, wornach man durch das Haarhygrometer mit Benützung dieser Formel die relative Luftfeuchtigkeit auf 5% genau erhalten würde. Innerhalb dieser Grenze wird es auch gestattet sein, die Formel noch abzuändern, wozu 49 weitere Vergleichungen veranlassen, welche in der Zeit vom 14. Mai bis 22. Juli 1874 auf der meteorologischen Station in Karlsruhe nach Rückkunft von der Expedition angestellt wurden. Diese Vergleichungen sind nur graphisch behandelt worden, es zeigte sich dabei, dass zwischen $H = 50$ und $H = 80$ die Formel (1) auch diese Karlsruher Beobachtungen genügend darstellt, während zwischen 80 und 100 die letzteren eine Abweichung zeigen in dem Sinn, dass $H = 100$ und $f = 100$ einander entsprechen soll (was jedenfalls der Verfertiger des Instrumentes beabsichtigt hat). Die Formel (1) gibt für $H = 100$, $f = 94$; da nun der mittlere Fehler einer Vergleichung sich $= \pm 5$ ergeben hat, und von den Beobachtungen, aus denen (1) abgeleitet ist, nur sehr wenige in der Nähe von 100 liegen, so wurde die Beziehung in der erwähnten Weise abgeändert. Dafür sprechen auch die Ablesungen während der zwei Regentage in Regenfeld, an deren zweitem das Hygrometer nahe auf 100 stand. Die Formel (1) gibt für $H = o$ den Werth $f = -15$, was insofern ohne Bedeutung ist, als die Formel (1) nur bis 50 abwärts Geltung hat; da es aber die Absicht des Verfertigers war, $H = 0$ und $f = 0$ einander entsprechend zu machen und die Instrumente sehr constant zu sein scheinen, namentlich aber, weil eine Aenderung von (1) in dem Sinn, dass $H = 0$ und $f = 0$ entsprechend werden, unseren Vergleichungen gar keinen Zwang anthut, auch innerhalb der in der Wüste gefundenen Feuchtigkeitsgrade diese Annahme nur Aenderungen von höchstens 3 an den Funktionswerthen von (1) verlangt, so wurde auch hier noch die Formel (1) abgeändert, welche somit nur zwischen $H = 50$ und $H = 80$ beibehalten ist. Diese Abänderungen sind zur Wahrung der Stetigkeit graphisch gemacht. Das Resultat der ganzen Untersuchung ist in folgenden Hauptreductionswerthen enthalten:

Reduction der Angaben H des Haarhygrometers auf relative Feuchtigkeit in % der Sättigung.

H	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
20	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16
30	17	17	18	18	19	20	20	21	22	22
40	23	23	24	25	26	27	27	28	29	30
50	31	31	32	33	34	35	35	36	37	38
60	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
70	50	51	52	53	54	56	57	59	60	62
80	64	65	67	69	71	72	74	76	78	80
90	81	83	85	87	89	90	92	94	96	98
100	100									

3. Barometer.

Zur Bestimmung des Luftdrucks diente ein Quecksilberbarometer und 8 Federbarometer. Das erstere wurde nur als Normalinstrument zur Ermittelung der Standcorrectionen der Federbarometer benützt, während mit den letzteren selbst die eigentlichen Beobachtungsreihen gemacht worden sind.

Quecksilberbarometer.

Dasselbe war ein Heberbarometer gewöhnlicher Construction, gefertigt von Mechaniker Mollenkopf in Stuttgart. Die Glasröhre hat einen Durchmesser von 6 Millimetern, im längeren Schenkel befindet sich eine Verengung zur Verhinderung des Luftzutritts, der Abschluss wird durch Korkstöpsel bewirkt. Der Schaft, an welchem die Röhre befestigt ist, besteht aus in Oel gesottenem Nussbaumholz und trägt zwei kurze in Millimeter getheilte Metallmaassstäbe zum Ablesen der Quecksilberstände im unteren und oberen Schenkel. Zum Einstellen auf die Kuppen und Ränder der Quecksilberoberfläche dienen zwei, die Röhre umhüllende Ringe und mit ihnen fest verbunden sind die längs des Maassstabs gleitenden zwei Nonien, welche Ablesung von $^1/_{10}$ Millimeter gestatten. Die Temperatur des Quecksilbers wird durch ein Thermometer angegeben.

Da der Hauptkörper des Instrumentes von Holz ist, dessen Wärmeausdehnung sehr unbedeutend und jedenfalls der Rechnung nicht zugänglich ist, so hat man bei der Reduction des Barometerstandes auf die Normaltemperatur 0° nur die Ausdehnung des Quecksilbers zu berücksichtigen, d. h. es beträgt die Reduction des Barometerstandes B bei der Temperatur $t^0\,C$ auf 0°:

$$-0.000180\,B\,t.$$

Die Capillardepression lässt sich nach der allgemein benützten Schleiermacher-Delcros'schen Tafel berücksichtigen, welche für den Durchmesser 6ᵐᵐ und verschiedene Werthe der Kuppenhöhen die Depressionen folgendermaassen angibt (alle Maasse in Millimetern):

Kuppenhöhe	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
Depression	0.80	0.90	0.98	1.07	1.14	1.21	1.27	1.32	1.37	1.41	1.45	1.48

Da immer die Kuppenhöhe und damit auch die Depression im unteren Schenkel grösser ist als im oberen, so ist die Differenz der Depressionen von dem Barometerstand, den die beiden Kuppen geliefert haben, abzuziehen.

Beispiel einer Beobachtung:

	Temperatur	Kuppe	Rand	Kuppenhöhe	Capillardepression
Oberer Schenkel	25°5	628.3ᵐᵐ	627.3ᵐᵐ	1.0ᵐᵐ	1.07ᵐᵐ
Unterer Schenkel		134.3	136.0	1.7	1.45
		762.6			0.38
Temperaturcorrection		— 3.50			
Capillarcorrection		— 0.38			
Reducirter Barometerstand		758.72ᵐᵐ			

Solcher Ablesungen wurden in jedem Falle 3—5 gemacht in Pausen von je 5—10 Minuten.

Das Reisebarometer wurde vor der Abreise in der Zeit vom 13.—16. November 1873 11 mal mit dem Normalbarometer der meteorologischen Station Karlsruhe verglichen, wobei sich als Mittelzahl ergab:

Karlsruher Stationsbarometer—Reisebarometer $= + 1.06^{mm}$.

Nach der Rückkunft nach Karlsruhe im Mai 1874 fand sich leider das Stationsbarometer vom November 1873 nicht mehr unverändert vor, weil im Laufe des Winters ein Unfall vorgekommen war; die Vergleichung mit dem neuen Stationsbarometer ergab:

Karlsruher Stationsbarometer—Reisebarometer $= + 1.44^{mm}$.

Auf der khedivischen meteorologischen Station in der Abbasie bei Kairo erfolgte am 5. December 1873 und 16. April 1874 Vergleichung des Reisebarometers mit dem Kairoer Stationsbarometer. Das letztere ist ein Heberbarometer mit Röhren von ungefähr 7ᵐᵐ innerem Durchmesser. Es trägt die Inschrift: „Fastré Membre de la société météorologique de France rue de l'Ecole polytechnique 3 Paris 1862 (No. 241)". Die Ablesungen werden gemacht an einer Messingscale, oben mit nachtragendem, unten mit vortragendem Nonius von je 0.1ᵐᵐ Angabe.

Zur Reduction des Barometerstandes auf 0° benützen der Vorstand des Observatoriums Ismael-Bey und seine Beamten das Werk annuaire météorologique de la France pour 1849. Die darin enthaltene Reductionstafel berücksichtigt die Ausdehnung des Quecksilbers und eines Messingmaassstabes, sie gibt z. B. für den Barometerstand 765.7ᵐᵐ und die Temperatur 17°2, die Reduction —2.12ᵐᵐ.

Capillardepression wird bei den regelmässigen Beobachtungen nicht angebracht, wesshalb ich auch bei den Vergleichungen mit dem Reisebarometer nur an letzterem die Capillardepression in Rechnung nahm.

Wenn man die sämmtlichen an den zwei genannten Tagen im Laufe von ungefähr je einer Stunde gemachten Ablesungen in arithmetische Mittel vereinigt und die erwähnten Reductionen anbringt, so erhält man Folgendes:

	5. December 1873	16. April 1874
Kairoer Stationsbarometer	763.34^{mm}	758.82^{mm}
Reisebarometer	762.54	758.67
Differenzen*)	0.80	0.15

Es zeigt sich also eine Aenderung von 0.65^{mm} in dem Unterschied beider Barometer, welche wahrscheinlich dem Reisebarometer zur Last gelegt werden muss.

In Ermangelung genauerer Kenntniss der Ursachen, welche diese Differenz von 0.65^{mm} erzeugt haben, schien es geboten, dieselbe proportional der Zeit auf die Ablesungen an dem Reisebarometer zu vertheilen, und da alle auf der Expedition gemachten barometrischen Messungen in die Zeit zwischen die beiden Kairoer Vergleichungen fallen, so ist dadurch alles Nöthige gegeben.

Das Reise-Quecksilberbarometer hat im Verlaufe der Expedition zur Controlirung der Federbarometer gedient, und da die Vergleichungen unter verschiedenen Breiten stattgefunden haben, so ist es nöthig, die Quecksilberbarometerstände auf eine und dieselbe Breite zu reduciren.

Bezeichnet man mit B einen Quecksilberbarometerstand, beobachtet unter der Breite φ und in der Höhe h über dem Meer, so ist der Barometerstand B_{45}, welcher denselben Luftdruck unter der Breite 45^0 in der Höhe des Meeresspiegels anzeigt, ausgedrückt durch

$$B_{45} = B\left(1 - \frac{2h}{r}\right)(1 - 0.0026 \cos 2\varphi) .$$

In unserem Falle liegen alle Vergleichsstationen in geringen Höhen, nämlich etwa zwischen 30 und 120 Meter, wesshalb der erste Correctionsfactor, in welchem r der Erdhalbmesser ist, vernachlässigt werden kann. Es empfiehlt sich, nicht 45^0, sondern $30^0\,4'$, nämlich die Breite des Observatoriums in Kairo, als Normalbreite zu nehmen, weil die daselbst im Laufe des Winters 1873/74 gemachten Barometerbeobachtungen als correspondirende Beobachtungen für unsere Höhenbestimmungen dienen. Hiernach ist die Redaction eines unter der Breite φ gemessenen Barometerstandes B die folgende:

$$- 0.0026\, B\,(\cos 2\varphi - \cos 60^0\, 8') .$$

*) Aus diesen Vergleichungen und der auf S. 83 gegebenen Reduction des Reisebarometers auf das Karlsruher Stationsbarometer, in Verbindung mit den Vergleichungen des letzteren mit den Barometern von Stuttgart, Zürich und Wien (vgl. VI. Jahresbericht der meteorologischen Centralstation Karlsruhe über die Ergebnisse der an den meteorologischen Stationen des Grossherzogthums Baden im Jahr 1874 angestellten Beobachtungen, bearbeitet von Oscar Ruppel, Karlsruhe 1875, S. 72 und 73) geht hervor, dass das Kairoer Stationsbarometer mit dem Normalbarometer der Centralstelle Wien sehr nahe übereinstimmt, während das Karlsruher Stationsbarometer um etwa 1^{mm} zu hoch steht.

Die Beobachtungsorte mit ihren Breiten und den entsprechenden Barometerreductionen sind im Folgenden zusammengestellt. Ausser dieser Breitencorrection ist zugleich für jeden Punkt die oben besprochene Correction angegeben, durch welche das Reisequecksilberbarometer auf das Stationsbarometer von Kairo reducirt wird.

Ort	Zeit	Breite	Reduction des Reisequecksilberbarometers		
			auf die Breite von Kairo	auf das Stationsbarom. von Kairo	auf die Breite von Kairo und das Stat.-Bar. von Kairo
			mm	mm	mm
Kairo	1873 Decbr. 5	30° 4′	0.00	+ 0.80	+ 0.80
Siut	„ „ 12	27 11	— 0.17	+ 0.77	+ 0.60
Maragh	„ „ 20	27 23	— 0.15	+ 0.73	+ 0.58
Farafrah	1874 Jan. 1	27 3	— 0.17	+ 0.67	+ 0.50
Dachel	„ „ 10	25 42	— 0.25	+ 0.62	+ 0.37
Dachel	„ März 16	25 42	— 0.25	+ 0.30	+ 0.05
Chargeh	„ „ 25	25 26	— 0.26	+ 0.26	0.00
Esneh	„ April 1	25 18	— 0.27	+ 0.23	— 0.04
Kairo	„ „ 16	30 4	0.00	+ 0.15	+ 0.15

Federbarometer (Aneroide).

Es sind deren acht auf der Expedition in Anwendung gekommen, nämlich:

1. Naudet Num. 39305, bekannte Pariser Construction $\left(P \frac{H}{N} B\right)$, äusserer Durchmesser 13^{cm}, mit innerem Thermometer, Eigenthum des Polytechnikums zu Karlsruhe. Dieses Instrument war vorher wiederholt von mir in Betreff der Theilung und der Temperaturcorrection im Lauf von zwei Jahren untersucht worden, auch hatte es sich auf mehreren Reisen in Beziehung auf Unveränderlichkeit der Standcorrection erprobt. Mit diesem Instrument sind fast alle meine Beobachtungen gemacht, doch ist gewöhnlich noch ein oder zwei andere Instrumente gleichzeitig mit abgelesen.

2. Goldschmid. Num. 600, grosses Schraubeninstrument bekannter Construction, mit innerem Thermometer. Auch von diesem Instrument, Eigenthum des Karlsruher Polytechnikums, war vor der Reise die Theilung (mit willkürlicher Scale) und die Temperaturcorrection untersucht worden, leider aber hatte ich niemals bemerken können, dass dasselbe bei hohem Barometerstand von mehr als 760 nicht mehr abgelesen werden konnte, weil dann die federnde Büchse und der darauf wirkende Hebel so tief herabgedrückt wurden, dass der Hebel nicht mehr frei spielen konnte. Ich entdeckte diesen misslichen

Umstand erst am Meer in Triest. Auf allen wichtigen Stationen, welche nicht zu tief lagen, wurde dieses Instrument gleichzeitig mit dem erstgenannten abgelesen.

3. Goldschmid, Num. 433. Kleineres Schraubeninstrument, mit dem ich ebenfalls Unglück hatte, indem es am 10. März vom Kameel auf den Felsboden fiel.

4. Casella, Num. 1640. Kleines Instrument von der Grösse einer Taschenuhr, äusserer Durchmesser 48^{mm}, die Construction im Wesentlichen wie bei Naudet.

5. Casella, Num. 1641. Ebenso.

6. Chevallier. Ein Instrument Naudet'scher Construction von mittlerer Grösse.

7. Secretan, Num. 4917. Grosses Instrument, dessen Construction sich von der Naudet'schen nur durch die Art der Gegenfederung unterscheidet.

8. Breguet. Aehnlich wie 6.

Die Instrumente 4. bis 8., welche Hofrath Rohlfs theils schon auf früheren Reisen benützt, theils neu angeschafft hatte, hatten keine inneren Thermometer; da ich aber bei den Hauptvergleichungen die sämmtlichen Instrumente so lange zusammenliegen liess, bis alle vorhandenen Thermometer auf etwa 1° übereinstimmten, so ist jedenfalls hiefür die Temperatur auch dieser Instrumente genügend genau bekannt und ebenso ist bei der später gemachten Bestimmung der Temperaturcorrectionen der Mangel innerer Thermometer kein Hinderniss gewesen. Was sodann die mit diesen Instrumenten von verschiedenen Mitgliedern der Expedition gemachten Ablesungen betrifft, so nahm ich zu deren Reduction gewöhnlich die gleichzeitig abgelesene, oder jedenfalls näherungsweise bekannte Lufttemperatur. Bei dem Instrument Casella 1641, welches Professor Zittel während der ganzen Reise in der Beinkleidertasche trug, schien es angezeigt, eine constante innere Temperatur von 25° zur Reduction anzunehmen.

Endlich bei dem Instrument Secretan, an welchem Mr. Hogg in Siut während der Dauer der Expedition täglich drei mal beobachtete, ist die Temperatur für die Reduction durch ein besonderes beigegebenes Thermometer, welches Mr. Hogg als „inside-thermometer" jedesmal mit ablas, hinreichend sicher bestimmt. Da gerade dieses Instrument eine ungewöhnlich grosse Temperaturcorrection verlangt, nämlich 0.24^{mm} für 1°, so ist hier der Ersatz des inneren Thermometers von besonderer Wichtigkeit.

Untersuchung der Federbarometer.

Die Beziehung zwischen der Angabe F eines Federbarometers und seiner Temperatur t einerseits und dem entsprechenden auf 0° reducirten Quecksilberbarometerstand Q_0 anderseits, kann innerhalb mässiger Intervalle von F und t dargestellt werden durch eine Gleichung von der Form

$$F = Q_0 + x + yt + z(760 - Q_0) \qquad (1)$$

oder mit Auflösung nach Q_0:

$$Q_0 = F - \frac{x}{1-z} - \frac{y}{1-z}t - \frac{z}{1-z}(760 - F). \qquad (2)$$

Wenn man eine grössere Anzahl von Vergleichungen bei möglichst verschiedenen Temperaturen und verschiedenen Barometerständen hat, so lassen sich daraus die Coefficienten $x\ y\ z$ bestimmen.

Nach dieser Methode sind mehrere unserer Instrumente untersucht worden, allein diejenigen Vergleichungen, welche zu einer gleichförmigen Untersuchung aller von der Expedition zurückgebrachten Instrumente gemacht worden sind, sind so angeordnet, dass in erster Linie die Temperaturcorrectionen möglichst genau daraus gefunden werden können.

Wenn man im Winter ein Federbarometer der freien Luft aussetzt, dann seinen Stand und seine Temperatur, sowie gleichzeitig ein Quecksilberbarometer abliest, so erhält man damit die Werthe $F\ Q_0\ t$ einer Gleichung von der Formel (1) nämlich

$$F = Q_0 + x + yt + z\,(760 - Q_0) \tag{5}$$

und wenn man denselben Versuch wiederholt, nachdem das Federbarometer in ein warmes Zimmer gebracht worden ist, erhält man entsprechend

$$F' = Q_0' + x + yt' + z\,(760 - Q_0') \tag{6}$$

Da Q_0 und Q_0' gewöhnlich nahezu gleich sind, und z stets sehr klein ist, so kann man durch Subtraktion beider Gleichungen einen Werth y finden, nämlich

$$y = \frac{F' - F - (Q_0' - Q_0)}{t' - t}\ .$$

Beispiel:		27. November 1874	Instrument	Secretan
	$9^h\ 20^m$	$Q_0' = 748.02^{mm}$	$F' = 752.15^{mm}$	$t' = +15.1°$
	$11^h\ 5^m$	$Q_0 = 747.65$	$F = 746.75$	$t = -\ 3.7$
Differenzen		$Q_0' - Q_0 = +0.37$	$F' - F = +5.40$	$t' - t = +18.8$
	hieraus	$y = +0.27$.		

So wurden sämmtliche Instrumente je ungefähr 10 Mal untersucht. Die Temperaturunterschiede konnten nicht immer so gross erhalten werden wie in dem obigen Beispiel, doch niemals kleiner als 11.7 und da die Genauigkeit einer einzelnen Bestimmung durchaus nicht blos von der Höhe des Temperaturintervalls abhängt, so war es geboten, aus den einzelnen Resultaten das einfache arithmetische Mittel zu nehmen.

Da das Instrument Goldschmid 600 eine willkürliche Scalentheilung hat, so wurden die Ablesungsdifferenzen näherungsweise in Millimeter übertragen mittelst der Beziehung: 1 Goldschmidscalentheil = 0.070 Millimeter.

Die Resultate sind in der folgenden Tafel zusammengestellt. (Die zwei ersten Columnen derselben gelten nicht für das Instrument Goldschmid 600, welches zum Theil später untersucht wurde.)

Temperaturcorrection der Federbarometer.

Zeit 1874—1875	Temperaturintervall $t' - t$	Coefficient y in Gleichung (1) S. 86 für das Instrument						
		Naudet	Casella No. 1640	Casella No. 1641	Secretan	Chevallier	Goldschmid No. 433	Goldschmid Nr. 600
	+	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
16. Novemb.	12.0°	+ 0.10	+ 0.14		+ 0.20	+ 0.09	+ 0.05	— 0.02
24. „	18.9	+ 0.19	+ 0.07	+ 0.09	+ 0.23	+ 0.15	+ 0.09	+ 0.02
25. „	16.5	+ 0.16	+ 0.08	+ 0.09	+ 0.22	+ 0.13	+ 0.15	— 0.02
27. „	18.8	+ 0.17	+ 0.08	+ 0.11	+ 0.27	+ 0.16	+ 0.18	— 0.04
5. Decemb.	12.2	+ 0.18	+ 0.06	+ 0.15	+ 0.23	+ 0.17	+ 0.10	— 0.10
18. „	13.5	+ 0.15	+ 0.06	+ 0.10	+ 0.25	+ 0.15	+ 0.08	+ 0.01
21. „	17.6	+ 0.20		+ 0.07	+ 0.26	+ 0.11	+ 0.13	— 0.06
22. „	15.7	+ 0.15	+ 0.04	+ 0.13	+ 0.24	+ 0.14	+ 0.09	+ 0.03
23. „	13.8	+ 0.15	+ 0.08	+ 0.07	+ 0.25	+ 0.13	+ 0.12	— 0.06
4. Januar	11.7	+ 0.12	+ 0.08	+ 0.11	+ 0.23	+ 0.11	+ 0.12	— 0.06
Mittel	y	+ 0.157	+ 0.077	+ 0.102	+ 0.238	+ 0.134	+ 0.111	— 0.030
Mittl. Fehler		± 0.010	± 0.009	± 0.009	± 0.006	± 0.008	± 0.012	± 0.023
Temperaturcorrection für 1°		— 0.157	— 0.077	— 0.102	— 0.238	— 0.134	— 0.111	+ 0.030

Die Temperaturcorrection der zwei Instrumente Naudet 39305 und Goldschmid 600 hatte ich früher schon bestimmt, nämlich:

I. Naudet 39305.

1. Im Januar und Februar 1872 aus 10 Versuchen Temperaturcorrection für 1°: — 0.148 ± 0.010.
2. Im November 1872 aus 7 Versuchen: — 0.168 ± 0.002.
3. Im September 1873 aus 6 Versuchen: — 0.146 ± 0.010.

Diese Resultate sind schon früher veröffentlicht, nämlich in Jordan, Taschenbuch der praktischen Geometrie, Stuttgart 1873, Seite 207 (woselbst das Instrument nach seinem Verkäufer **Feiglstock** genannt ist), und in der Zeitschrift für Vermessungswesen, herausgegeben von Jordan, 1873, Seite 25 und 368.

II. Goldschmid 600.

Aus 6 Versuchen im September 1873 Temperaturcorrection für 1°: + 0.037 ± 0.009 (siehe Zeitschrift für Vermessungswesen, 1873, Seite 368).

Die Werthe y der obenstehenden Tafel sind die **negativen** Temperaturcorrectionen, es stimmen also die verschiedenen Resultate sehr gut überein.

Um auch diese früheren Bestimmungen zu berücksichtigen, kann man für Naudet annehmen $y = +0.15$ und für Goldschmid $y = -0.033$, oder die betreffenden Correctionen für $1^0\,C$ bezw. $-1^{mm}15$ und $+0^{mm}033$.

Nach Feststellung der Werthe y wurde für jedes Instrument eine Tafel berechnet, aus der für jede Temperatur t die entsprechende Temperaturcorrection $-yt$ sich entnehmen lässt.

Nachdem in dieser Weise der Einfluss der Instrumententemperatur untersucht ist, kann man die Theilungscorrectionen durch fortgesetzte Vergleichung mit einem Quecksilberbarometer bestimmen. An einem und demselben Ort bekommt man allerdings auf diese Weise nur mässige Intervalle, z. B. lieferten die im Folgenden benutzten Vergleichungen vom 12. Mai bis 22. Juli 1874 kein grösseres Intervall als von $742^{mm}59$ bis $761^{mm}40$, aber es sind auch alle auf der Expedition selbst gemachten wichtigeren Ablesungen nicht viel hiervon verschieden, denn die Oasen liegen alle niedriger als 120 Meter über dem Meer, es genügen desshalb diese Vergleichungen vollkommen zur Bestimmung der Theilungscorrectionen, welche überhaupt bei der Bestimmung kleiner Höhenunterschiede von wenig Einfluss sind.

Die folgende Tafel enthält die Resultate der für den vorliegenden Zweck gemachten Vergleichungen und zwar sind die Quecksilberbarometerstände in allen Beziehungen auf einheitliches Maass reducirt, und an den Federbarometerablesungen sind die Reductionen $-yt$ nach den dazu berechneten Tafeln angebracht, d. h. in die Tafel sind eingetragen die auf 0^0 reducirten Federbarometerstände $F - yt = F_0$.

Vergleichung der Federbarometer mit dem Quecksilberbarometer.

Zeit 1874	Quecksilber-barometer	Naudet	Casella 1640	Casella 1641	Secretan	Chevallier	Goldschmid 433
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Mai 12 . . .	747.85	746.65	738.60		746.44		764.46
„ 13 . . .	749.66	748.17	740.61		747.83		765.97
„ 14 . . .	759.38	757.46	751.20		757.51		774.54
„ 15 . . .	752.37	750.95	743.90		750.66		768.56
„ 16 . . .	757.58	756.17	749.18		756.06		773.03
„ 17 . . .	757.42	756.03	749.41		755.90		772.18
„ 18 . . .	755.11	753.76	746.83		753.70		770.00
„ 19 . . .	755.32	753.71	747.03		753.35		770.85
„ 20 . . .	755.80	754.15	747.65		754.04		771.13
„ 21 . . .	752.52	751.08	744.09		750.60		768.29
„ 22 . . .	746.42	744.67	737.73		744.73		763.26
„ 23 . . .	742.84	741.33	734.28		741.29		759.80
„ 24 . . .	742.59	741.15	733.82		741.03		760.20
„ 25 . . .	746.29	744.63	737.46		744.63		762.56
„ 26 . . .	749.16	747.62	740.43		747.21		764.79
„ 27 . . .	751.95	750.27	743.48		750.21		767.44
„ 28 . . .	754.51	752.88	745.71		752.76		769.85

Zeit 1874	Quecksilber-barometer	Naudet	Casella 1640	Casella 1641	Secretan	Chevallier	Goldschmid 433
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Mai 29 . . .	753.29	751.78	744.42		751.68		768.91
„ 30 . . .	752.28	750.85	743.19		750.48		767.91
„ 31 . . .	755.49	754.15	746.48	761.78	753.79		770.20
Juni 1 . . .	757.96	756.60	749.21	764.39	756.27		772.20
„ 2 . . .	756.51	755.25	747.35	762.17	754.76		770.92
„ 3 . . .	756.15	754.80	747.16	761.96	754.11		771.01
„ 4 . . .	761.40	760.11	753.20	767.17	759.55		774.71
„ 6 . . .	753.04	752.01	744.26	759.49	751.52		768.99
„ 8 . . .	754.69	753.43	745.67	760.77	752.69		770.76
„ 9 . . .	756.93	755.69	748.30	762.61	755.03		771.45
„ 10 . . .	753.23	752.30	744.33	759.45	751.15		768.93
„ 12 . . .	755.87	754.82	747.67	762.09	753.93		771.97
„ 13 . . .	757.57	756.50	749.43	763.59	755.74		
„ 14 . . .	756.25	755.22	748.08	762.92	754.54	748.65	
„ 15 . . .	754.76	753.82	746.63	761.30	753.16	747.40	
„ 16 . . .	752.83	751.95	744.63	759.29	751.34	745.63	
„ 18 . . .	754.65	753.46	746.54	761.28	753.09	747.35	771.02
„ 20 . . .	754.79	753.38	746.73	760.79	753.01	747.36	771.42
„ 21 . . .	751.84	751.52	743.78	758.43	749.99	744.85	768.57
„ 22 . . .	746.07	745.64	737.68	752.27	744.37	749.48	763.76
„ 23 . . .	755.12	753.49	746.78	761.57	753.17	747.58	770.71
„ 29 . . .	751.40	750.40	743.24	758.06	750.03	744.45	767.49
„ 30 . . .	753.85	752.41	745.82	760.30	752.12	746.66	769.69
Juli 1 . . .	756.33	754.91	748.49	762.85	754.79	749.12	772.47
„ 2 . . .	753.64	753.30	745.23	759.96	751.86	746.55	769.61
„ 13 . . .	754.89	753.61	746.51	761.49	752.85	747.60	769.67
„ 14 . . .	754.16	752.86	745.86	760 39	752.45	747.10	769.77
„ 15 . . .	753.18	751.86		759.49	751.40	746.00	769.57
„ 16 . . .	753.44	752.37		759.63	751.50	746.12	769.25
„ 17 . . .	755.14	753.88		761.45	753.51	748.05	771.39
„ 18 . . .	755.77	754.57		762.23	753.98	748.49	772.07
„ 19 . . .	754.61	753.45		760.87	752.85	747.53	771.06
„ 21 . . .	748.11	747.45		754.28	746.27	741.19	766.61
„ 22 . . .	752.41	751.34		758.71	750.79	744.98	768.99
Anzahl . . .	51	51	44	32	51	21	47

Es handelt sich nun darum, zwischen den Werthen $F - yt = F_0$ und den entsprechenden Werthen Q_0 Beziehungen herzustellen von der Form

$$F_0 = Q_0 + x + z\,(760 - Q_0)\ .$$

Im vorliegenden Falle wurde jedoch zuerst die Form gewählt:

$$F_0 = Q_0 + x' + z'\,(Q_0 - 740)$$

wesshalb zu setzen war

$$a = 1 \qquad b = (Q_0 - 740) \qquad w = Q_0 - F_0$$

und dann wurden x' und y' erhalten aus den 2 Gleichungen

$$[aa]\,x' + [ab]\,z' + [aw] = 0$$
$$[ab]\,x' + [bb]\,z' + [bw] = 0\ .$$

Zieht man noch $[ww]$ hinzu, so erhält man auch den mittleren Fehler m einer Vergleichung und die mittleren Fehler von x' und z'.

Die Anwendung dieser Formeln auf die mitgetheilten Vergleichungen hat folgende Resultate gegeben:

Naudet	$x' = -\ 1.15^{mm}$	$\pm 0.18^{mm}$	$z' = -\ 0.0067^{mm}$	$\pm 0.0132^{mm}$	$m = \pm 0.36^{mm}$
Casella 1640	$x' = -\ 8.91$	± 0.17	$z' = +\ 0.0315$	± 0.0125	$m = \pm 0.33$
Casella 1641	$x' = +\ 6.73$	± 0.20	$z' = -\ 0.0338$	± 0.0138	$m = \pm 0.21$
Secretan	$x' = -\ 1.60$	± 0.14	$z' = -\ 0.0089$	± 0.0098	$m = \pm 0.27$
Chevallier	$x' = -\ 6.10$	± 0.36	$z' = -\ 0.0802$	± 0.0260	$m = \pm 0.29$
Goldschmid 433	$x' = +\ 18.19$	± 0.32	$z' = -\ 0.1771$	± 0.0230	$m = \pm 0.62$

Man hat also z. B. für das Naudet-Instrument

$$F_0 = Q_0 - 1.15 - 0.0067\,(Q_0 - 740)$$

oder

$$F_0 = Q_0 - 1.28 + 0.0067\,(760 - Q_0)$$

und mit Zuziehung der oben S. 88 ermittelten Temperaturcorrection, wornach $F_0 = F - 0.15\,t$,

$$F = Q_0 - 1.28 + 0.15\,t + 0.0067\,(760 - Q_0)$$

oder endlich mit Auflösung nach Q_0 (vgl. (2) S. 86):

$$Q_0 = F + 1.29 - 0.15\,t - 0.0067\,(760 - F)\ .$$

In gleicher Weise sind die 5 anderen Instrumente behandelt, und man hat daher in Zusammenstellung:

Naudet	$Q_0 = F +\ 1.3$	$-\ 0.15\,t - 0.007\,(760 - F)$
Casella 1640	$Q_0 = F +\ 8.0$	$-\ 0.07\,t + 0.030\,(760 - F)$
Casella 1641	$Q_0 = F -\ 6.3$	$-\ 0.11\,t - 0.035\,(760 - F)$
Secretan	$Q_0 = F +\ 1.8$	$-\ 0.24\,t - 0.009\,(760 - F)$
Chevallier	$Q_0 = F +\ 8.4$	$-\ 0.14\,t - 0.087\,(760 - F)$
Goldschmid 433	$Q_0 = F - 17.8$	$-\ 0.13\,t - 0.215\,(760 - F)$

Das Instrument Goldschmid 600 wurde auf ein weiteres Intervall untersucht durch Vergleichung mit dem Reisequecksilberbarometer bei einer Bergbesteigung im Schwarzwald, welche Folgendes lieferte:

Zeit 1874 Sept. 4	Quecksilberbarometer Q_0	Federbarometer Goldschmid No. 600 F_0
$8^h\ 45^m$	741.57^{mm}	248.9
10 10	716.68	611.1
11 15	698.56	909.3
12 30	694.86	980.0
2 52	679.51	1243.2
3 45	679.03	1242.8
4 33	693.86	1008.6
6 35	736.26	345.0

Die Quecksilberbarometerstände sind auf 0° Temperatur und wegen Capillardepression reducirt, auch ist dabei eine kleine zwischen -0.02^{mm} und -0.05^{mm} betragende Correction für Abnahme des Quecksilbergewichtes mit der Höhe angebracht. Die Federbarometerstände sind auf 0° reducirt.

Die Beziehung zwischen F_0 und Q_0 wurde ausgedrückt durch folgende Formel:

$$F_0 = 5.6 + 13.02\,(760 - Q_0) + 2.94\left(\frac{760 - Q_0}{10}\right)^2$$

Zur Beurtheilung der Brauchbarkeit dieser Formel hat man ausser dem mittleren Fehler einer Vergleichung, der sich $= \pm 12.3$ Scalentheile oder fast $= 1^{mm}$ Quecksilbersäule ergeben hat, noch den mittleren Fehler eines dadurch bestimmten barometrischen Unterschiedes zu berechnen. Man findet, nach den betreffenden Regeln der Methode der kleinsten Quadrate, dass für die barometrische Differenz von 760^{mm} bis 710^{mm} die Reductionsformel einen mittleren Fehler von 28.8 Scalentheilen oder ungefähr 2 Millimetern Barometerdifferenz zu fürchten gibt.

Die Auflösung der vorstehenden Gleichung nach Q_0 dient zur Berechnung einer Tafel, deren Hauptwerthe folgende sind:

F_0	Q_0	Diff.	F_0	Q_0	Diff.
0	760.43		400	731.53	
		7.56			6.71
100	752.87		500	724.82	
		7.32			6.54
200	745.55		600	718.28	
		7.11			6.38
300	738.44		700	711.90	
		6.91			6.34
400	731.53		800	705.56	

Diese Zahlen stimmen auch genügend mit den Angaben, welche der Verfertiger selbst zur Reduction der Ablesungen seines Instruments demselben beigeschrieben hat, sowie mit den Resultaten, welche ich selbst vor der Expedition gefunden hatte. (Die vor der Expedition angestellten Theilungsbestimmungen für die Instrumente Naudet und Goldschmid finden sich an den bereits früher bei Gelegenheit der Temperaturcorrectionen [S. 88] citirten Stellen veröffentlicht.)

Nach Aufstellung der Reductionsformel für alle sieben Instrumente wurden ausführliche Tafeln für Theilung und Temperaturcorrection berechnet, wornach jede Instrumentablesung reducirt werden kann, so dass die Differenz einer so reducirten Ablesung gegen eine entsprechende Quecksilberbarometerablesung die reine Standcorrection des betreffenden Federbarometers darstellt.

Die Resultate aller Vergleichungen sind in der folgenden Tafel zusammengestellt. Die Reduction des Reisequecksilberbarometers auf das Stationsbarometer in Kairo ist nach den Zahlenangaben auf Seite 85 bewirkt.

Vergleichungen der Federbarometer mit dem Quecksilberbarometer während der Expedition.

Ort der Vergleichung	Quecksilberbarometer		Naudet	Goldschmid 600	Goldschmid 433	Casella 1640	Casella 1641	Chevallier	Secretan	Breguet
	unmittelbar	auf Kairo reducirt								
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Kairo . .	762.54	763.34	760.50	749.33	765.61	757.54	762.08			
Siut . . .	757.18	757.78	755.30	744.51	759.88				754.35	
Marak . .	760.32	760.90	758.09	747.76	766.67					
Farafrah .	760.12	760.62	756.11	746.86	766.50	755.62	759.94	752.09		762.55
Dachel . .	756.12	756.49	751.47	743.26	761.80	749.34	754.86	746.94		759.28
Dachel . .	754.29	754.34	752.89	743.31	769.84	745.15	753.43	743.63		
					(766.44)					
Chargeh .	753.92	753.92	754.20	744.47	771.33	744.33	752.94	743.68		
					(768.93)					
Esneh . .	752.76	752.72	751.88	744.64	770.40	743.36	752.30			
					(767.00)					
Kairo . .	758.67	758.82	758.24		777.37	750.16			755.18	
					(765.97)					

Hieraus finden sich die

Standcorrectionen der Federbarometer.

Ort der Vergleichung	Zeit der Vergleichung	Naudet	Gold-schmid 600	Gold-schmid 433	Casella 1640	Casella 1641	Che-vallier	Secre-tan	Bregnet
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Kairo . .	1873 Decbr. 5	+ 2.84	+ 14.01	— 2.27	+ 5.80	+ 1.26			
Siut . . .	„ „ 12	+ 2.48	+ 13.27	— 2.10				+ 3.43	
Marak . .	„ „ 20	+ 2.81	+ 13.14	— 5.77					
Farafrah .	1874 Jan. 1	+ 4.51	+ 13.76	— 5.[illegible]8	+ 5.00	+ 0.68	+ 8.53		— 1.93
Dachel . .	„ „ 10	+ 5.02	+ 13.23	— 5.[illegible]1	+ 7.15	+ 1.63	+ 9.55		— 2.79
Dachel . .	„ März 16	+ 1.45	+ 11.03	—15.50	+ 9.19	+ 0.91	+ 10.71		
				(—12.10)					
Chargeh .	„ „ 25	— 0.28	+ 9.45	—17.41	+ 9.59	+ 0.98	+ 10.24		
				(—14.01)					
Esneh . .	„ April 1	+ 0.84	+ 8.08	—17.68	+ 9.36	+ 0.42			
				(—14.28)					
Kairo . .	„ „ 16	+ 0.58		—18.55	+ 8.66			+ 3.64	
				(—15.15)					

Hiezu sind einige besondere Bemerkungen zu machen:

Goldschmid 433 erlitt am 10. März einen harten Fall vom Kameel auf den Felsboden; trotz erheblicher Beschädigung liess sich aber nachher das Instrument doch noch sicher ablesen und folgte auch noch den Aenderungen des Luftdruckes. Es schien deswegen thunlich, mit Hülfe der vor- und nachher gemachten Vergleichungen desselben mit den anderen Instrumenten, die Aenderung zu bestimmen, welche durch den Sturz erzeugt worden ist; diese Aenderung ergab sich im Mittel = + 3.4^{mm} und es sind deswegen die nachher gemachten Ablesungen um 3.4^{mm} vermindert, in Klammer gestellt, ebenfalls aufgenommen worden. Auch die in Klammer gestellten Werthe der Standcorrection dieses Instrumentes beziehen sich auf die durch Rechnung versuchte Unschädlichmachung des Falles.

Chevallier wurde in Chargeh an Dr. Schweinfurth abgegeben, welcher dann in dieser Oase und auf seinem Weg nach Girgeh damit zahlreiche Höhenbestimmungen gemacht hat.

Secretan diente während unserer ganzen Wüstenreise als Stationsbarometer in Siut, woselbst es von Mr. Hogg abgelesen wurde. Die geringe Aenderung dieses Instrumentes während dieser Zeit ist sehr wichtig.

Das bei den Reductionsrechnungen früher nicht erwähnte Instrument Breguet wurde in Chargeh durch einen Fall unbrauchbar, wichtige Messungen sind damit nicht gemacht.

Zwischen 10. Januar und 16. März ist eine Lücke von zwei Monaten; dieselbe ist dadurch veranlasst, dass ich vor dem Ausmarsch von Dachel gegen Westen, wobei es sich darum handelte, wenn möglich, die ferne Oase Kufrah zu erreichen, das Quecksilberbarometer auf dem Hauptquartier Dachel in sicherer Verwahrung zurück liess. Ich wollte lieber ganz sicher sein, bei der Zurückkunft in Dachel wieder Vergleichung der Federbarometer vornehmen zu können, als Beschädigung des einzigen vorhandenen Quecksilberbarometers auf meinem detaschirten Vorgang von Dachel aus und auf dem gefährlichen Kufrah-Marsch riskiren. Die Thatsache, dass ich bald nach dem Abmarsch aus Dachel mit allem Gepäck einen Sturz vom Kameel erlitt, lässt diese Vorsicht gerechtfertigt erscheinen.

Es handelt sich nun darum, die Aenderungen, welche die Standcorrectionen erlitten haben, auf die Zwischenzeit zu vertheilen.

Ein fest vorgezeichnetes Ausgleichungsprincip ist nicht vorhanden, doch ist so viel sicher, dass diejenigen Werthe der Standcorrectionen, welche man erhält durch gleichförmige Vertheilung der Aenderungen, proportional der Anzahl der Marschtage (mit Ausschluss der Rasttage), als erste Näherungen betrachtet werden müssen, welche nunmehr nur noch möglichst wenig geändert werden dürfen. Weitere Aenderungen sind aber geboten wegen der Vergleichungen der Instrumente unter sich. Wenn nun, wie es zuweilen der Fall ist, eines der benützten Instrumente als besonders zuverlässig im Vergleich mit den übrigen betrachtet werden darf, so kann man dieses Instrument als Normalinstrument auswählen und die Constanten eines analytischen Ausdrucks für den Verlauf der weiteren Correctionen des Normalinstrumentes so bestimmen, dass die Quadratsumme aller durch die Vergleichungen geforderten Aenderungen an den oben beschriebenen Näherungswerthen der Standcorrectionen ein Minimum wird. Dieses Princip, auf das Normalinstrument allein angewendet, würde ausser der der Zeit proportionalen Vertheilung der Aenderung keine weitere Correction verlangen, es erscheint also soweit plausibel.

Auf diese Weise sind die Barometerstände vom 21.—24. Februar 1874 in Siuah berechnet worden, welche schon früher in Petermann's geographischen Mittheilungen (Jahrgang 1875 S. 209) veröffentlicht sind, und zwar ist dabei das Instrument Naudet als Normalinstrument gewählt worden, allein die Berechtigung, dieses Instrument als Normalinstrument auszuwählen, ist sehr zweifelhaft; wir ziehen desshalb jetzt eine andere Berechnung, welche keinem Instrument einen besonderen Vorzug einräumt, vor, und das wird erreicht, wenn man das arithmetische Mittel aller Standcorrectionen als Function der Zeit so bestimmt, dass die Quadratsumme aller durch die Vergleichungen geforderten Abweichungen der schliesslich angenommenen Standcorrectionen von denjenigen Werthen derselben, welche durch gleichförmige (der Zeit proportionale) Vertheilung der Aenderungen erhalten werden, möglichst klein wird.

Zur Feststellung der Bezeichnungen denken wir die Instrumente nummerirt mit 1. 2. 3 .... n und die Nummer 0 komme einem fingirten Instrument zu, dessen Ablesungen und Standcorrectionen jeweils die arithmetischen Mittel der betreffenden Werthe für die vorhandenen Instrumente sind.

Die vorläufige Reduction eines Federbarometers auf das Quecksilberbarometer, welche man durch eine der Zeit proportionale Vertheilung der Aenderung erhält, sei G (in der graphischen Darstellung entsprechend der geraden Linie) dagegen die zu bestimmende wahrscheinlichste Reduction sei C (entsprechend der Curve einer graphischen Darstellung). Die Differenz $C - G$ d. h. die Correctionen des Näherungswerthes G soll mit δ bezeichnet sein, endlich seien die jeweils abgelesenen Federbarometerstände durch F und die ihnen entsprechenden (unbekannten) Quecksilberbarometerstände durch Q bezeichnet,

es ist also allgemein $Q = F + C$, $C = G + \delta$. δ_0 soll also Funktion der Zeit t dargestellt werden durch die Formel

$$\delta_0 = x\left(1 - \frac{t^2}{T^2}\right) + yt\left(1 - \frac{t^2}{T^2}\right)$$

dabei ist T die halbe Zwischenzeit und t wird von der Mitte der Zwischenzeit an gezählt. (Vgl. die ähnlich angeordnete Chronometerausgleichung S. 61.) Drückt man nun die übrigen δ in δ_0 aus, setzt die Coefficienten von x und y bezwh. $= a$ und $= b$ und berücksichtigt, dass allgemein $Q = F + C$, wobei Q für alle gleichzeitigen Vergleichungen constant ist, so erhält man für jede Vergleichung der n Instrumente unter sich n Gleichungen von der Form:

$$\delta_1 = a\,x + b\,y + [(F_0 - F_1) - (G_1 - G_0)]$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$\delta_n = a\,x + b\,y + [(F_0 - F_n) - (G_n - G_0)]$$

und aus allen Gruppen von Gleichungen dieser Art sind die Coefficienten x und y zu bestimmen nach der Bedingung $[\delta\,\delta] =$ Minimum.

Wenn jede Vergleichung alle Instrumente umfasst, so haben die entsprechenden Absolutglieder der obigen Gleichungen die Summe Null und da die zugehörigen Coefficienten a und b für sämmtliche zu einer Vergleichung gehörigen Gleichungen dieselben sind, so folgt, dass der genannten Minimumsbedingung entsprochen wird durch die einfachen Annahmen: $x = 0$ und $y = 0$, oder man hat sofort:

$$\left.\begin{array}{ll} \delta_1 = (F_0 - F_1) + (G_0 - G_1) \text{ oder } & C_1 = G_0 + (F_0 - F_1) \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots & \cdots\cdots\cdots \\ \delta^n = (F_0 - F_n) + (G_0 - G_n) & C_n = G_0 + (F_0 - F_n) \end{array}\right\} \quad (1)$$

Jede dieser Gleichungen gibt $Q = F_0 + G_0$. Das heisst aber nichts anderes als: man berechnet für jeden einzelnen Fall die Standcorrectionen G vorläufig durch Interpolation proportional der Zeit, und die Zufügung dieser Standcorrectionen zu den abgelesenen Ständen F gibt ebenso viele Werthe des unbekannten Quecksilberbarometerstandes Q, aus denen dann das arithmetische Mittel $F_0 + G_0 = Q$ genommen wird. Obgleich dieses Verfahren von Anfang an als plausibel hätte angenommen werden können, schien doch die vorstehende Betrachtung, welche es aus einem allgemeineren Princip herleitet, nicht überflüssig. Die Gleichungen (1) sind anzuwenden, wenn man nicht die Barometerstände selbst, sondern nur deren Differenzen in die Rechnung einführen will, was häufig vorzuziehen ist.

Wir behandeln die Vergleichungen nicht alle einzeln, sondern fassen jeweils die Vergleichungen mehrerer Tage in arithmetische Mittel zusammen, um die theilweise starken Sprünge bereits einigermaassen auszugleichen. So sind die in der folgenden Zusammenstellung mitgetheilten, nicht in Klammer gestellten Werthe erhalten worden. Unter Tageszahl ist dabei verstanden die Anzahl der Marschtage (mit Ausschluss der Rasttage) von Dachel an gezählt. Die Zahl der Marschtage ist zwar nicht für alle

Instrumente ganz gleich, doch konnte eine Differenz von höchstens drei Tagen hier vernachlässigt werden.

Für Farafrah (zwischen Beharieh und Dachel) sind keine Vergleichungen angegeben, weil die vorhandenen zur Elimination der akuten Aenderung von Goldschmid 433 dienen mussten (vgl. S. 94).

Die Werthe für Dachel sind nur wegen des Anschlusses an die Vergleichungen mit dem Quecksilberbarometer hergesetzt, sie sind die Differenzen der schon auf S. 94 mitgetheilten genauen Standcorrectionen.

Das Instrument Chevallier (vgl. S. 94) war nicht in Siuah, wesshalb es in der folgenden Vergleichung nicht aufgeführt ist. Dasselbe hat in der Zwischenzeit nur die Reise von Dachel nach Farafrah und zurück gemacht (mit Professor Ascherson), seine Aenderung ist nicht gross (1.16^{mm}), wesshalb es genügt, in Dachel vor und nach der Farafrah-Reise die Standcorrection entsprechend der nächstliegenden Vergleichung von Dachel selbst zu nehmen, in Farafrah aber das Mittel beider anzunehmen.

Vergleichung der Federbarometer unter sich
auf der Reise von Dachel nach Siuah und zurück nach Dachel.

Ort der Vergleichung	Tageszahl t	Naudet $F_1 - F_1$	Goldschmid No. 600 $F_1 - F_2$	Goldschmid No. 433 $F_1 - F_3$	Casella No. 1640 $F_1 - F_4$	Casella No. 1641 $F_1 - F_5$	Mittel $F_1 - F_0$
		mm	mm	mm	mm	mm	mm
Dachel	0	0.00	+ 8.21	− 10.33	+ 2.13	− 3.39	− 0.68
Einsiedel I . . .	3	0.00	+ 6.82	(− 10.30)	(+ 2.20)	(− 3.40)	− 0.94
„ II . . .	5	0.00	+ 6.32	(− 10.40)	(+ 2.30)	(− 3.60)	− 1.08
Regenfeld	8	0.00	+ 6.31	− 10.82	+ 2.27	− 3.80	− 1.21
Ammonitenberge . .	11	0.00	+ 6.16	(− 12.30)	+ 0.91	− 3.78	− 1.80
Sandheim	14	0.00	+ 6.00	(− 13.50)	+ 1.63	− 4.76	− 2.13
Lager 14.—15. Febr.	16	0.00	+ 5.64	− 14.59	(+ 1.80)	− 4.28	− 2.29
Siuah	22	0.00	(+ 7.20)	− 13.40	+ 0.52	− 4.44	− 2.02
Lager 28. Febr. bis 1. März	26	0.00	(+ 9.10)	− 12.83	+ 3.07	− 1.73	− 0.48
Lager 3.—4. März .	29	0.00	+ 9.79	− 13.50	(+ 4.80)	(− 1.10)	0.00
Beharieh	32	0.00	+ 9.62	− 13.68	(+ 5.80)	(− 0.80)	+ 0.19
Dachel	40	0.00	+ 9.58	− 13.55	+ 7.74	− 0.54	+ 0.65

Die Vergleichungen sind leider ziemlich lückenhaft, theils wegen der wiederholten Trennung der Mitglieder, welche die Instrumente mit sich führten, theils auch weil das Instrument Goldschmid No. 600 sich in den Depressionen gar nicht ablesen liess, doch sind die Vergleichungen immerhin so zahlreich, dass man durch graphische Interpolation den Verlauf aller Differenzen für die ganze Zwischenzeit ziemlich sicher angeben kann.

Auf diese Weise sind die in Klammer gesetzten Werthe der vorstehenden Zusammenstellung erhalten worden, und damit geben die Formeln (1) die folgenden Standcorrectionen C:

Ort	Instrument				
	Naudet	Goldschmid		Casella	
		No. 600	No. 433	No. 1640	No. 1641
	mm	mm	mm	mm	mm
Dachel	+ 5.02	+ 13.23	− 5.31	+ 7.15	+ 1.63
Einsiedel I . . .	+ 5.1	+ 12.0	− 5.2	+ 7.3	+ 1.7
„ II . . .	+ 5.2	+ 11.5	− 5.2	+ 7.5	+ 1.6
Regenfeld . . .	+ 5.1	+ 11.4	− 5.7	+ 7.4	+ 1.3
Ammonitenberge .	+ 5.5	+ 11.7	− 6.7	+ 6.5	+ 1.8
Sandheim . . .	+ 5.7	+ 11.7	− 7.8	+ 7.4	+ 1.0
Lager 14. Febr. .	+ 5.8	+ 11.4	− 8.8	+ 7.6	+ 1.5
Siuah	+ 5.2	+ 12.4	− 8.2	+ 5.7	+ 0.8
Lager 28. Febr. .	+ 3.4	+ 12.5	− 9.4	+ 6.5	+ 1.7
„ 3. März .	+ 2.8	+ 12.6	− 10.7	+ 7.6	+ 1.7
Beharieh	+ 2.4	+ 12.1	− 11.2	+ 8.2	+ 1.6
Dachel	+ 1.45	+ 11.03	− 12.10	+ 9.19	+ 0.91

Hierdurch wird die Lücke der entsprechenden Tafel auf S. 94 ausgefüllt, die weitere Interpolation bietet keine Schwierigkeiten.

Ein objectives Urtheil über die Zuverlässigkeit der so ermittelten Standcorrectionen lässt sich kaum fällen. Man kann etwa die zweiten Correctionen δ, welche ausser der der Zeit proportionalen Vertheilung der Aenderung nöthig wurden, als Genauigkeitsmaass benützen, z. B. für Siuah sind die 5 Werthe δ (deren Summe $= 0$ ist) die folgenden:

$$+2.04^{mm} \quad +0.31^{mm} \quad +0.66^{mm} \quad -2.51^{mm} \quad -0.50^{mm}$$

und davon ist der zweite nur durch graphische Interpolation aus Nachbarwerthen gewonnen. Sieht man hievon ab, so wird die Quadratsumme $[\delta\,\delta] = 11.24$ den nächsten Anhaltspunkt bieten. Wenn man die Werthe δ wie Differenzen gleich genauer Beobachtungen von ihrem arithmetischen Mittel behandelt, findet man den mittleren Fehler dieses arithmetischen Mittels $= \pm 0.75^{mm}$.

Der zu fürchtende constante Fehler der Barometerstände von Siuah wird diesen Betrag nicht erheblich übersteigen; man gewinnt diese Ueberzeugung ausser durch die vorstehende Betrachtung durch graphische Behandlung der Standcorrectionsausgleichung. Um sicher zu gehen, schätzen wir den mittleren constanten Fehler der Barometerstände in der Depression von Siuah zu $\pm 1^{mm}$.

Aufgang und Untergang der Sonne.

Wegen des innigen Zusammenhangs zwischen der täglichen Umdrehung der Erde um ihre Axe und den periodischen hievon abhängigen Aenderungen der meteorologischen Erscheinungen stellen wir die berechneten Werthe der halben Tageslängen für die Breiten 25° 27° 29° im Folgenden zusammen. Als Aufgang oder Untergang der Sonne ist der Zeitpunkt genommen, für welchen der Mittelpunkt der Sonnenscheibe im Horizont gesehen wird.

Jahreszeit	Halbe Tageslänge für die Breite		
	25°	27°	29°
1. Januar	5^h 19^m	5^h 14^m	5^h 10^m
10. „	5 21	5 17	5 13
20. „	5 26	5 22	5 18
1. Februar	5 31	5 28	5 25
10. „	5 38	5 35	5 33
20. „	5 44	5 42	5 40
1. März	5 50	5 49	5 47
10. „	5 58	5 57	5 56
20. „	6 5	6 5	6 5
1. April	6 13	6 13	6 14
1. Mai	6 33	6 36	6 39
1. Juni	6 48	6 52	6 57
1. Juli	6 50	6 55	7 0
1. August	6 39	6 43	6 46
1. September	6 20	6 21	6 23
1. October	5 58	5 58	5 58
1. November	5 37	5 34	5 31
1. December	5 22	5 17	5 13
10. „	5 19	5 15	5 11
20. „	5 18	5 14	5 10
1. Januar	5 19	5 14	5 10

Diese Tafel hat auch dazu gedient, nach den einzelnen Sonnenaufgängen oder Sonnenuntergängen, welche einige Expeditionsmitglieder notirt haben, den Stand der Uhr zu bestimmen.

Allgemeine Anordnung der meteorologischen Beobachtungen.

Herr Hofrath Rohlfs hat auf der ganzen Reise ein meteorologisches Tagebuch mit täglich viermaliger Aufzeichnung von Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Barometerstand, Wind und Bewölkung geführt. Die Beobachtungszeiten waren: 1. vor Sonnenaufgang; 2. Vormittags 9 Uhr; 3. Nachmittags 3 Uhr; 4) nach Sonnenuntergang.

Neben diesem Grundstock von Beobachtungen schien es mir hauptsächlich von Werth, die tägliche Periode der Haupterscheinungen zu bestimmen, weil in deren auffallend grossen Amplituden sich hauptsächlich der Charakter des Wüstenklimas ausspricht, auch bot sich noch ein weiteres Beobachtungsobject in der Temperatur der Oberfläche des Wüstensandes.

Von den bereits erwähnten zwei Secretan'schen Haarhygrometern benützte Hofrath Rohlfs das eine selbst, während er das andere mir übergab. Wegen der Unzuverlässigkeit solcher Instrumente hielt ich mich in den ersten Wochen in Betreff der Feuchtigkeit weniger hieran als an die August'sche Methode des trockenen und befeuchteten Thermometers; nachdem sich aber herausgestellt hatte, dass die beiden Haarhygrometer wenigstens unter sich sehr gut in Uebereinstimmung blieben, benützte ich die August'sche Methode nur noch zur Controle auf den Hauptstationen, um darnach eine Beziehung zwischen der relativen Feuchtigkeit und dem Stand des Haarhygrometers zu bestimmen, und damit die zahlreichen Ablesungen an letzterem zu reduciren.

Ganze Tagesreihen zu erhalten, war natürlich auf dem Marsche nicht möglich. Barometerablesungen wurden sowohl auf den Lagerplätzen Morgens und Abends, als auch unterwegs in grosser Zahl gemacht, doch dienen dieselben lediglich der Höhenbestimmung. Lufttemperatur wurde immer gleichzeitig bestimmt, so dass sich für die meisten Marschtage der Tagesverlauf der Lufttemperatur wohl angeben lässt. Dagegen sind auf den Aufenthaltsorten Bir-Keraui, Farafrah, Dachel, Einsiedel I und II, Regenfeld, Sandheim, Siuah im Ganzen etwa 28 Tage durchlaufend beobachtet. Zwar regelmässig von Stunde zu Stunde abzulesen, war neben den anderen Arbeiten ganz unmöglich, allein eine grosse Zahl von Ablesungen zu beliebigen, aber genau notirten Zeiten, gestattet die graphische Darstellung des ganzen Verlaufs, also auch die Bestimmung der Werthe für irgend welche ausgewählte Zeiten. Bei Tage und in der ersten Hälfte der Nacht sind die Beobachtungen immer so zahlreich (nämlich mit Intervallen von höchstens einer Stunde), dass die Curven ganz zweifellos darnach gezeichnet werden können, dagegen in der zweiten Hälfte der Nacht sind mehrfach, weil ich die Beobachtungen ganz allein machte, störende Lücken. Zwar gewöhnte ich mich bald daran, 2—3 mal aus dem Schlafe aufzuwachen (was erleichtert wurde durch das harte Lager ohne Ablegung der Tageskleider), allein einzelne Lücken von 4—6 Stunden waren doch nicht zu vermeiden. Da jedoch der Charakter einer solchen Curve sehr bald erkannt wird, so war es nicht zu schwer, auch solche Lücken mit ziemlicher Sicherheit graphisch zu überbrücken. Um keinen Zweifel über die Zuverlässigkeit der Resultate aufkommen zu lassen, werden wir die grösseren Lücken bei den Beobachtungen selbst einzeln angeben.

Von einer längeren Beobachtungsreihe, nämlich der auf der Station Regenfeld in der Zeit vom 29. Januar bis 5. Februar erhaltenen, ist die graphische Darstellung auf Tafel IV gegeben (in halber Grösse der Originalzeichnung).

Von den übrigen Expeditionsmitgliedern lieferten Ascherson und Remelé während ihres isolirten Aufenthaltes in Dachel und Farafrah lange Reihen von Lufttemperatur- und Barometerablesungen. Herr Remelé trug auch auf dem Wege von Dachel nach Esneh zur Höhenbestimmung wesentlich bei.

Professor Zittel hat während der ganzen Reise auf den Lagerplätzen und an allen von ihm besuchten geologisch oder topographisch wichtigen Punkten Aneroidablesungen gemacht, welche zu Höhenbestimmungen verwerthet worden sind. Einige Haupthöhenpunkte, z. B. der Westrand von Farafrah und der Nordrand von Siuah sind von ihm allein bestimmt worden. Endlich hat Zittel von Dachel an regelmässige Bestimmungen des Ozongehaltes der Luft nach der Schönbein'schen Methode angestellt.

An dieser Stelle sind noch zu berichten die während der Dauer der Expedition gemachten meteorologischen Beobachtungen von Kairo und Siut, welche in erster Linie als correspondirende Beobachtungen für die barometrische Höhenbestimmung dienen, aber auch für die allgemeine Meteorologie von Wichtigkeit sind.

In Kairo werden seit 1868 auf einer regelrechten (nach Pariser Muster eingerichteten) meteorologischen Station unter Leitung des Astronomen Ismael-Bey Beobachtungen gemacht, welche alles Vertrauen verdienen. Der Güte des Herrn Ismael-Bey verdanken wir vorzügliches Material, nämlich Barometer, Lufttemperatur und Feuchtigkeit von den vier Expeditionsmonaten December 1873 bis März 1874, täglich 8 mal beobachtet, dann die Monatsmittel der sechs Jahre 1868—1873 für Barometer und Lufttemperatur.

Ferner sind vorhanden die Beobachtungen, welche Mr. Rev. Hogg, Director der amerikanischen Missionsschule in Siut, auf unsere Bitte, an einem ihm zurückgelassenen Aneroid zu machen die Güte hatte. Diese Ablesungen wurden vom 13. December 1873 bis 11. April 1874 täglich 3 mal, mit Ausnahme der Sonntage, gemacht und erstrecken sich auf Barometerstand, inneres Thermometer und Thermometer für Lufttemperatur.

Mr. Hogg hat sich dadurch um die Hypsometrie der libyschen Wüste höchst verdient gemacht.

Die Verarbeitung dieses gesammten meteorologischen und hypsometrischen Materials ist im Folgenden vorgelegt. Es ist begreiflich, dass von der unendlichen Masse von Einzelaufzeichnungen Manches hier nicht mitgetheilt werden konnte, dagegen war es mehrfach von Wichtigkeit, die meteorologischen Beobachtungen der Cailliaud'schen Reise vom Winter 1819 bis 1820 in der libyschen Wüste zur Vergleichung herbeizuziehen, sowie einiges andere Material von benachbarten Gegenden.

Das meteorologische Tagebuch von Hofrath Rohlfs.

Dasselbe erstreckt sich auf Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftdruck, Wind und Bewölkung mit täglich vier Aufzeichnungen, Morgens vor Sonnenaufgang, Vormittags 9 Uhr, Nachmittags 3 Uhr und Abends nach Sonnenuntergang und ist im Folgenden, soweit nöthig reducirt, mitgetheilt.

In der Tabelle der Lufttemperaturen waren 15 Lücken, welche ich theils aus eigenen Beobachtungen, theils durch Interpolation ausfüllte, um bei der Mittelbildung nicht gestört zu sein. In der Columne Mittel sind die einfachen arithmetischen Mittel der je vier Tagesbeobachtungen aufgeführt; dieselben können, wie die spätere Untersuchung der täglichen Periode zeigen wird, nahezu als wahre Tagesmittel betrachtet werden. Unter Luftfeuchtigkeit sind nicht die unmittelbaren Ablesungen am Haarhygrometer aufgeführt, sondern die hieraus nach der Tafel auf S. 82 berechneten Werthe der relativen Feuchtigkeit. Die Windrichtungen sind im Original ausnahmsweise noch in weiterer Abstufung als nach den acht Hauptrichtungen aufgeführt, der Gleichförmigkeit wegen wurde in diesen wenigen Fällen die nächstliegende Hauptrichtung eingesetzt, für Windstille ist der betreffende Platz leer gelassen. Die Windstärke ist in fünf Abstufungen notirt, für ganz schwachen, gerade noch wahrnehmbaren Wind ist ausser der Richtung kein Zeichen angegeben, die vier höheren Stärkegrade sind durch die Exponenten ^{1} ^{2} ^{3} ^{4} angedeutet. Die Art der Bewölkung ist durch die vier Hauptwolkenformen Cirrus, Cumulus, Stratus und deren Zwischenformen angegeben, ganz bedeckter Himmel ist durch „trüb“ bezeichnet und ausserdem ist mit Samum (Sam.) die gelblich graue Himmelsansicht unterschieden, welche durch aufgewirbelte Sand- und Staubmassen erzeugt wird. Die Fernsicht ist in solchen Fällen gänzlich genommen, doch bleibt die Sonne sichtbar. Das Fehlen einer besonderen Angabe bedeutet vollständig hellen Himmel. Der Grad der Bewölkung ist nicht notirt, wir werden darüber später das Nöthigste mittheilen.

Die Rohlfs'schen Aneroidablesungsn ebenfalls hier aufzuführen, schien desswegen nicht geboten, weil sie, nur auf einzelne Millimeter und ohne inneres Thermometer abgelesen, von den allgemeinen Luftdrucksänderungen (wofür besondere Tagesreihen da sind) kein genügendes Bild geben, während sie bei den Höhenberechnungen mitbenützt werden werden.

Zeit und Ort	Lufttemperatur vor ⊙ Aufgang	9h	3h	nach ⊙ Unterg.	Minimum	Mittel	Luftfeuchtigkeit vor ⊙ Aufgang	9h	3h	nach ⊙ Unterg.	Wind Richtung u. Stärke vor ⊙ Aufgang	9h	3h	nach ⊙ Unterg.	Bewölkung vor ⊙ Aufg.	9h	3h	nach ⊙ Unterg.
1873	°	°	°	°	°	°	%	%	%	%								
13. Dec. Hamrah	13	19	23	15		17.5	87	69		65		NW^2		NW				
14. „ „	9	16	22.3	14		15.3	87	85		65	N	NW^1	NE^4	NE^1	Cir.-Str.	Cir.	Cir.-Str.	
15. „ „	8	15	23	14		15.0	76	78	39	64	N	N^1	NW^1	N	Cir.		Cir.	
16. „ „	10	19	24	15		17.0	81	74	39	56	NW	NW^1	NW	NW^1	Cir.-Cum.	Cir.-Str.	Cir.-Cum.	
17. „ Siut	10	13	21	10		13.5	74			69	N			N^1	Cum.	Cum.	Cum.	
18. „ Beni-Ahdi	7	13	24	12		14.0	76		30	39	NW	NW^2	W^2	NW^2	Cum.	Str.		
19. „ Maragh	7	14	17	15		13.2	46		52	46	NW^2	NW^2	NW^3	NW		Sam.	Sam.	Cir.-Str.
20. „ „	5	15	18	13		12.7	87	31	36	53	N	E	NW^2	NW			Cum.	
21. „ Hochebene	4	11	17	8		10.0	98			60	NW	NW^1	NW^2	N			Cir.-Str.	
22. „ „	0	6	16	10		8.0	94			56	N	NW	NW^1	N^1				
23. „ „	1.5	7	17	8		8.4	87			56	N	N^1	NW	N				
24. „ „	1.5	8	16	5		7.7	92			50	N	W	SW^1	N		Str.	Str.	
25. „ „	1.5	12	17	9		9.9	80			48	W	W^1	NW^1	N	Str.	Str.	Str.	
26. „ „	2	9	17	10		9.5	96			62	N	W^2	W^2	W^1				
27. „ Bir-Mür	6	8	16	9		9.7	89			62	NW^1	NW^2	NW^2	NW^1	Cum.	Cum.	Cum.	Cum.
28. „ Bir-Keraui	5	9	18	7		9.7	87		35	76	NW	NW^2	NW^2		Cum.	Cum.		
29. „ Tiefebene	—2	8	17	10		8.2	92			52	N	W	W					
30. „ Farafrah	1	8.5	18	8		8.9	90			50	N	SW	SW				Str.	Cir.
31. „ „	— 4	10	23	7		9.0	80	40	22	37	NW	NW						Cir.
Mittel	4.4	11.6	19.2	10.5		11.4	84			53								

Zeit und Ort	Lufttemperatur						Luftfeuchtigkeit				Wind-Richtung u. Stärke				Bewölkung			
	vor ⊙ Aufgang	9h	3h	nach ⊙ Unterg.	Minimum	Mittel	vor ⊙ Aufgang	9h	3h	nach ⊙ Unterg.	vor ⊙ Aufgang	9h	3h	nach ⊙ Unterg.	vor ⊙ Aufg.	9h	3h	vor ⊙ Unterg.
1874	°	°	°	°	°	°	%	%	%	%								
1. Jan. Farafrah	0.5	8	18	10		9.1	62	39	13	29			W^1	W	Cir.	Cir.	Cir.	Cir.
2. ,, ,,	4	9	20	11		11.0	89	52	37	50	W	W	NW^1			Cir.		
3. ,, Bir Dikker	3	12	18	10		10.7	85			56	W^1	NE	NE^1					Cir.-Str.
4. ,, Dünenthal	1	8	15	8		8.0	87			47					Cir.-Str.	Cir.-Str.	Cir.-Cum.	trüb
5. ,, ,,	8	11	17	9		11.2	56			35	E^1	SE^1	SE^2	SE^1	trüb	trüb	trüb	Cir.-Str.
6. ,, Charaschaf	7	18	22	13		15.0	57			33	SE	SW^1	SW^1		Cum.	Cir.-Str.	Cir.-Str.	trüb
7. ,, Dachel	6.5	13	20	15		13.6	69			50		W^1	SW		Cir.-Str.	trüb	Cir.-Str.	
8. ,, ,,	4.5	14	20	15		13.4	62	53		52				N^1	Cir.-Cum.	Cir.-Str.		
9. ,, ,,	9	15	21	10		13.7	89	53	54	41			NW^1	W^1			Cum.	
10. ,, ,,	7	9	18	13		11.7	52		39	50	W	NW^1	NW^1	W^1			Cum.	
11. ,, ,,	11	13	18	12		13.5	50	60	41	45			NW^2				Cum.	
12. ,, ,,	10.5	12	18.5	14		13.0	48	47	32	41		NW^1	NW^2		Cir.-Str.	Cir.	Cir.	
13. ,, ,,	9	14	21	15		14.7	62	46	31	35			NW^1					
14. ,, ,,	11	13	19	15		14.5	40	39	31	34			NW		trüb	Cir.-Str.	trüb	
15. ,, ,,	12	15	22	15		16.0	36	36	31	33		N^1	N		trüb	trüb	trüb	
16. ,, ,,	12	18	21	15		16.5	50		28	44	N^1	NW^1	NW^1	NW^2			Cir.-Str.	
17. ,, ,,	12	15	19	16		15.5	53	50	35	48	NE^2	N^1	N^1					
18. ,, ,,	10	14	19	17		15.0	57	52		41								
19. ,, ,,	9	15	19	17		15.0	53	50	32	32					Cir.-Str	Cir.-Str.	Cir.-Str.	Cir.-Str.
20. ,, ,,	13	14	21	16		16.0	39	41	38	35		SE	SE	NW	Sam.	Sam.	Sam.	Sam.
21. ,, ,,	11	15	19	16		15.2	45	42	39	39	NW				trüb	trüb	trüb	
22. ,, ,,	11	13	19	15		14.5	44	44		41			NW^1	NW^3				
23. ,, ,,	11	13	19	15		14.5	50	48	39	44		NW^2	NW^2	NW^2			Cum.	
24. ,, ,,	10	14	19.5	17		15.1	89	76	37	44	W^2	NW	NW	NW^1	Cum.	Cir.-Str.	Cir.	
25. ,, ,,	13	17	20	15		16.2	60		36	42	NW^1	SE^1	NW	W				
26. ,, ,,	8	12	20	14		13.5	48			41			NW^1	NW				
27. ,, Marsch	2	9	20	12		10.7	87			46		W	W^1					
28. ,, nach	1	12	18	13		10.7	85			45		W^1	W^2	N			Sam.	Sam.
29. ,, Süd-Westen	5	12	21	16		13.5	80			31		SW^1	SW^2	SW^1				
30. ,, ,,	12	15	20	15		15.5	35		25	29	SW^3	W^3	W^3	W^2	Sam.	Sam.	Sam.	Sam.
31. ,, ,,	5	14	20	6		11.2	52		30	54	W	W^2	W^2		Sam.	Sam.	Sam.	
Mittel	8.0	13.0	19.4	13.5		13.5	60			41								

Zeit und Ort	Lufttemperatur						Luftfeuchtigkeit				Wind Richtung u. Stärke				Bewölkung			
	vor ⊙ Aufgang	9h	3h	nach ⊙ Unterg.	Minimum	Mittel	vor ⊙ Aufgang	9h	3h	nach ⊙ Unterg.	vor ⊙ Aufgang	9h	3h	nach ⊙ Unterg.	vor ⊙ Aufg.	9h	3h	vor ⊙ Unterg.
1874	°	°	°	°	°	°	%	%	%	%								
1. Feb. Weg	1	9	16	8		8.5	74			35		W	SW^2	W^1			Cir.-Str.	Cum.
2. „ Regenfeld	11	10	20	15		14.0	35		35	74	W	W^1	W^1	N	trüb	trüb	trüb	Regen
3. „ „	11	11	12	12		11.5	87		81	87	N	NW^1	NW^1	N	trüb	mit	Re-	gen
4. „ „	8	9	14	8		9.7	92	92	52	85	N	N^1	N^1		Regen	trüb	trüb	Cum.
5. „ „	4	9	13	9		8.7	90	37	44	35	W	NW^1	NW^2	NW^1			Cum.	
6. „ im	2	8	12	9		7.7	81			81	NW	NW^1	NW^4	NW^1		Sam.	Sam.	Sam.
7. „ Sandmeer	2	5	9	7		5.7	87			81	NW	NW^2	NW^2	NW^4		Cir.-Cum.		
8. „ „	— 2	7	14	10		7.2	92			41		N	N	N				
9. „ „	— 2	9	15	8		7.5	92			44			E					
10. „ „	0	9	17	11		9.2	92			30		S	NW^2		Cum.	Cir.-Str.	Cir.	Str.
11. „ „	— 4	9	17	12		8.5	92			23		W^1	NW^1	W^1	trüb	Str.	trüb	Str.
12. „ Sandheim	1	9	20	9		9.7	50	50	16	47	S^1	S^1	NW^1		trüb	Str.	Str.	trüb
13. „ im	5.5	9	14	9		9.4	47			43	N^1	N^2	NE^2	N	trüb	Cum.	Str.	Str.
14. „ Sandmeer	— 3	5	14	9		6.2	64			31	N^1	NE^2	NE^2				Cir.-Str.	Cir.-Str.
15. „ „	2	9	14	12	— 2	9.2	64			32		E^2	E^1	E	trüb	Cir.-Str.	Cir.	
16. „ „	0	7	17	12	— 5	9.0	90			39		E^1	N^2	N	Cir.	Cir.	Cum.	
17. „ „	0	9	17	12	— 4	9.5	90	35	35	35		N	N^1					
18. „ „	0	10	18	12		10.0	90	36	51	42			E^1					Cir.-Str.
19. „ „	4	12	20	18		13.5	81	38	34	35			E^1				Cir.	Cir.
20. „ „	4	12	24	14		13.5	81	38	34	35		E			Cir.			
21. „ Sinah	6	11	21	19		14.2	81	44	26	35					Cir.-Str.		Cir.-Str.	
22. „ „	10	13	20	18		15.2	43	44	30	32					trüb	trüb	trüb	trüb
23. „ „	9	11	19	18		14.2	71	67	36	32	W	W	W	W		Cum.	Cum.	
24. „ „	7	13	18	16		13.5	64	56	44	44					Cir.-Str.	Cir.-Str.	Str.	
25. „ „	5	11	20	19		13.7	76			39			SE				Str.	Str.
26. „ Mirtasik	4	14	23	16	1.5	14.2	72	31	23	30			SE				Str.	Str.
27. „ Rhartein	11	19	24	16		17.5	42	59	41	50		W	W^1	W^1	trüb	trüb	trüb	
28. „ Aredj	4	14	18	14		12.5	87	39	31	47		W^1	NW^1				Cir.-Str.	Str.
Mittel	3.6	10.1	17.1	12.6		10.8	75			45								

Zeit und Ort	Lufttemperatur vor ☉ Aufgang	Lufttemperatur 9h	Lufttemperatur 3h	Lufttemperatur nach ☉ Unterg.	Lufttemperatur Minimum	Lufttemperatur Mittel	Luftfeuchtigkeit vor ☉ Aufgang	Luftfeuchtigkeit 9h	Luftfeuchtigkeit 3h	Luftfeuchtigkeit nach ☉ Unterg.	Wind Richtung u. Stärke vor ☉ Aufgang	Wind 9h	Wind 3h	Wind nach ☉ Unterg.	Bewölkung vor ☉ Aufg.	Bewölkung 9h	Bewölkung 3h	Bewölkung nach ☉ Unterg.
1874	°	°	°	°	°	°	%	%	%	%								
1. März Sittrah	2	18	24	12	− 2	14.0	87	39	29	36		SE	SE					
2. „ von	6	14	26	24		17.5	51	31	20	20	N^1	E^2	SE^3	SE^1	trüb	trüb	trüb	trüb
3. „ Sittrah	18	18	22	18	15	19.0	28	23	17	22		NW^1	NW^1	NW	trüb	trüb	trüb	trüb
4. „ nach	14	16	18	16	12	16.0	36	52	41	57		NW^1	NW^1		trüb	trüb	trüb	trüb
5. „ Farafrah	9	14	20	16	6	14.7	94	52	37	36	NW^1	NE^2	NW^2	NW^2		Cum.		
6. „ „	0	12	21	17	0	12.5	85	52	37	35	NW^1	NW^1	NW^1	NW				
7. „ „	7	20	24	17	7	17.0	41	26	14	24	SE^1	SE^1	SW^1	W			Str.	
8. „ Farafrah	0	11	18	17	0	11.5	67	51	13	22	N^1	N^1	N^2					
9. „ „	2	14	23	16	2	13.7	52	35	21	23	N	NW^1	N^2			Str.	Str.	
10. „ „	2	14	22	17	2	13.7	39	37	20	31			N^2		trüb	trüb		
11. „ von	2	14	27	20	2	15.7	56	23	14	16		SE^1	W^1	SE^1	trüb		trüb	trüb
12. „ Farafrah	2	17	24	18	2	15.2	42	31	24	31	N	N^1	N^1	N				
13. „ nach	5	17	27	18	2	16.7	72	44	34	35		SE^1	SE^1	N^1				
14. „ Dachel	4	15	22	17	3	14.5	80	44	31	39	N	N^1	N^2	N				
15. „ Dachel	5	14	24	18	3	15.2	64	43	33	39	N	N^1	N^2	N				
16. „ „	8	15	21	17		15.2	39	37	23	24	N^1	N^1	N^2	N	trüb		trüb	trüb
17. „ „	12	16	21	11	10	15.0	31	31		35		N^1	N^2	N				
18. „ Mut	5	16	21	16	3	14.5	56		31	37		N^1	NW^3	NW^1			Sam.	trüb
19. „ Beled	2	11	17	9	2	9.7	52			39	NW	N^2	N^2	N	Sam.	Sam.	Sam.	Sam.
20. „ Kadi	− 3	12	22	17	− 4	12.0	56			21	N	SE	SE^1	SE^1	Sam.	Sam.	Sam.	Sam.
21. „ Lebkak	12	17	23	17	7	17.2	14	20	22	27	N	SE^1	NE^1	N^1	Sam.	Sam.		
22. „ b. Ain-Amur	7	17	25	20	3	17.2	71	44	24	24		NW	NW^3	NW^1				Sam.
23. „ Chargeh	13	17	23	15		17.0	48	35	31	50	SW^2	NW^3	NW^3	NW^1	Sam.	Sam.	Sam.	Sam.
24. „ „	5	17	22	15	3	14.7	67	46	29	44		S	S					
25. „ „	9	23	29.5	20	7	20.4	57	27	15	30		S	S^2			Cir.-Cum.	Sam.	
26. „ b. Gjennah	10	23	34	26	9	23.2	41	23	12	13		S	S	S^1		Sam.	Sam.	
27. „ Hochebene	15	18	23	17	13	18.2	42	31	26	28	N^1	NW^2	N^3	N^2	trüb	trüb	trüb	trüb
28. „ „	8	14	20	14	5	14.0	57	39	35	36	NE^1	N^2	NW^2	NW^1				
29. „ „	6	15	21	15	4	14.2	62	45	32	23	N^1	NE^2	NE^1	NE	Str.	Str.	Str.	Str.
30. „ „	9	17	24	19	6	17.2	23	41	26	23	NW^1	NE^1	NW^2	NW^1	Cum.	Cir.-Str.	Cir.	
31. „ Esneh	10	20	28	22	7	20.0	37	34	20	34		NW^2	NW^2					
Mittel	6.6	16.0	23.1	17.1		15.7	53			31								

Lufttemperatur.

Durch die bereits im Allgemeinen auf S. 100 beschriebene Methode wurden 29 Tagesreihen der Lufttemperatur gewonnen. Das Thermometer hing dabei gewöhnlich im Schatten des Zeltes, nur 1—2 Meter über dem Boden, da ein höherer Aufhängepunkt nicht zu finden war. Nur in Dachel und Siuah wohnten wir in einem Hause mit dicken Lehmmauern, so dass die meteorologische Station sehr günstig gegen Norden gelegen gewählt werden konnte. Bei Nacht war gewöhnlich ein Minimum-Thermometer (mit Eisenstift) ausgelegt. Um die Reihen noch etwas auszudehnen, wurde mehrfach ein Marschtag vor- oder nachher dazu genommen, wobei unterwegs das Thermometer geschwungen wurde; so geht z. B. die erste Reihe vom 28. December bis 4. Januar, obgleich wir in dieser Zeit von Bir-Keraui über Farafrah, mit dreitägigem Aufenthalt daselbst, bis Bir-Diker gelangten.

Die Zeiten wurden stets nach dem Taschenchronometer notirt, und da dessen Stand nach S. 9 und 10 immer genau bekannt ist, konnten, mit Zuziehung der Zeitgleichung, die notirten Zeiten genau in wahre Ortszeiten verwandelt werden.

Zur Beurtheilung des Beobachtungsmaterials möge die folgende fünftägige Reihe von Dachel dienen. Die constante Thermometercorrection ist dabei nach S. 80 bereits angebracht. Die Zeit ist in bürgerlicher Weise gezählt.

Lufttemperatur in Dachel.

Wahre Ortszeit	Lufttemp.	Wahre Ortszeit	Lufttemp.	Wahre Ortszeit	Lufttemp.	Wahre Ortszeit	Lufttemp.	Wahre Ortszeit	Lufttemp.
9. Jan.	°	10. Jan.	°	11. Jan.	°	12. Jan.	°	13. Jan.	°
8^h 52^m	11.3	12^h 57^m	10.5	5^h 50^m	3.2	1^h 20^m	8.7	2^h 13^m	5.2
10 52	16.5	4 7	6.3	7 13	4.4	2 40	8.3	5 50	4.3
12 52	17.5	6 17	6.0	7 35	6.0	6 50	4.0	7 5	1.5
1 45	18.2	8 10	7.3	8 35	9.0	7 50	4.2	7 42	2.3
2 47	18.5	8 55	10.2	10 3	13.0	8 20	5.6	8 5	3.7
3 52	17.8	9 43	11.0	11 25	14.5	8 55	7.1	9 5	6.8
4 44	17.2	10 25	11.2	11 40	15.4	9 33	9.0	10 7	10.0
5 32	17.2	11 12	12.2	1 0	16.8	9 50	10.0	10 32	11.4
7 27	16.2	12 45	15.8	1 30	17.2	10 20	11.4	11 20	13.8

Fortsetzung auf der folgenden Seite.

Wahre Ortszeit	Lufttemp.	Wahre Ortszeit	Lufttemp.	Wahre Ortszeit	Lufttemp.	Wahre Ortszeit	Lufttemp.	Wahre Ortszeit.	Lufttemp.
9. Jan.	°	10. Jan.	°	11. Jan.	°	12. Jan.	°	13. Jan.	°
8^h 39^m	15.3	1^h 43	16.5	2^h 40^m	16.8	10^h 55^m	13.0	12^h 50^m	12.2
9 45	14.0	2 50	16.8	3 35	16.6	11 20	14.0	1 50	19.0
		3 40	16.4	4 12	16.2	11 45	15.0	2 50	19.2
		4 33	15.6	5 13	16.0	12 47	16.4	3 36	19.4
		5 10	15.0	5 45	15.8	1 20	17.1	4 25	18.8
		5 50	14.8	6 25	15.8	1 43	16.8	4 55	18.0
		8 20	13.2	7 20	15.2	2 28	17.0	5 27	16.6
		9 30	13.2	8 25	14.2	2 57	17.5	7 25	12.5
		10 50	12.6	9 40	13.0	3 25	17.4	8 57	12.3
				10 20	13.0	5 10	16.2		
				11 15	12.0	5 50	15.3		
						6 25	14.3		
						6 50	13.0		
						8 10	12.0		
						9 30	10.2		
						10 5	9.5		

Minimumthermometer in der Nacht vom 11.—12. Jan.: 3°5
" " " " " 12.—13. Jan.: 2°0.

Um sofort auch die übrigen Reihen zu charakterisiren, sei bemerkt, dass in Farafrah in der Nacht vom 31. December bis 1. Januar eine Lücke von 1^h 30^m bis 8^h 35^m ist, auf Einsiedel I von 9^h 55^m bis 3^h 10^m, in Regenfeld während eines grossen Sandsturmes, während dessen die Zelte niedergelegt werden mussten, vom 30. Januar Abends 6^h 20^m bis 31. Januar Morgens 8^h 25^m. In Siuah ist die grösste Nachtpause 4^h 45^m zwischen dem 21. und 22. Februar, dagegen auch eine Tagespause von 6 Stunden am Vormittag des 23. Februar. An den wenigen Marschtagen, welche hier mitbenutzt sind, fehlt gewöhnlich die ganze zweite Nachthälfte, doch wurden wenigstens noch einige Ablesungen vor Sonnenaufgang erhalten. Alle diese Lücken sind durch graphische Interpolation überbrückt und es wurde dabei die Ueberzeugung gewonnen, dass nichts Wesentliches fehlt.

Für die numerische Darstellung ist zweistündiges Intervall genügend, man kann aus 12 Punkten eine Tagescurve, soweit sie Werth hat, immer wieder herstellen, auch wenn ein Maximum zwischen 2 Punkte fällt. Aus den Originalzeichnungen sind die folgenden Zahlenwerthe entnommen (vgl. Tafel IV, welche die meteorologischen Beobachtungen von Regenfeld im nahezu halben Maassstab der Originalzeichnung darstellt).

Zeit und Ort	Wahre Ortszeit: Morgen 2h	4h	6h	8h	10h	Mittag 12h	2h	4h	6h	Abend 8h	10h	12h	Mittel
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
28. Dec. Bir-Keraui				5.1	11.1	15.0	16.3	15.6	11.6	7.8	5.8	4.7	
29. " "	2.4	−1.0	−2.5	2.6	10.0	14.8	17.3	17.2	11.4	8.7	6.3	4.5	7.6
30. " "	2.5	0.4	−1.0	1.7	8.8	14.9	17.5	17.0	11.1	8.1	5.4	3.2	7.4
31. " Farafrah	1.7	−0.4	−3.0	−0.4	6.2	12.8	17.0	16.8	11.6	6.5	4.2	2.1	6.3
1. Jan. "	0.9	−0.2	−0.8	0.3	7.8	15.8	20.9	20.6	17.4	9.8	8.0	7.0	9.0
2. " "	6.1	4.0	2.2	5.6	13.4	16.9	18.1	17.8	12.8	8.8	8.0	7.0	10.1
3. " "	5.0	2.2	1.0	7.4	14.0	15.7	16.2	16.0	12.1	9.0	6.0	5.5	9.2
4. " Bir-Dicker	4.1	1.6	0.4	4.1	12.0	15.3	15.3	14.7	13.0				
Mittel	3.2	0.9	−0.5	3.3	10.4	15.1	17.3	17.0	12.6	8.4	6.2	4.9	8.2
9. Jan. Dachel				10.0	14.8	17.0	18.2	17.8	16.7	15.7	13.8	11.1	
10. " "	8.8	6.3	5.6	7.3	11.1	13.6	16.7	16.3	14.6	13.3	12.9	11.5	11.5
11. " "	8.1	4.6	3.0	7.2	12.2	15.2	17.1	16.4	15.3	14.4	13.2	10.8	11.5
12. " "	8.3	6.2	3.7	4.8	10.3	15.1	17.2	17.1	15.0	12.1	9.8	7.5	10.6
13. " "	5.7	4.8	4.2	2.3	9.2	15.2	19.1	19.2	15.7	12.2			
Mittel	7.7	5.5	4.1	6.3	11.5	15.2	17.7	17.4	15.5	13.5	12.4	10.2	11.4
18. Jan. Einsiedel I								18.8	13.3	9.0	5.0	2.3	
19. " "	1.0	0.0	−0.6	4.6	14.0	20.4	22.2	20.2	15.8	12.9	11.8	10.5	11.1
20. " "	9.0	7.6	7.8	12.6	16.7	22.4	22.0	20.7	18.4	12.2			
23. " " II				10.0	13.2	15.1	15.0	14.0	10.7	9.2	8.7	8.1	} 10.7
24. " "	8.0	6.7	5.8	7.8	12.2	16.4	17.8	16.1	13.8				
Mittel	6.0	4.8	4.3	8.7	14.0	18.6	19.2	18.0	14.4	10.8	8.5	7.0	11.2
28. Jan. Regenfeld									12.6	10.0	9.3	6.2	
29. " "	4.5	4.2	4.8	7.5	14.0	19.7	20.8	19.4	15.0	13.3	13.0	11.9	12.3
30. " "	11.9	11.5	11.0	11.6	13.9	15.3	16.2	14.9	12.0	10.7	9.5	8.3	12.2
31. " "	7.3	6.8	6.2	6.3	7.8	10.3	12.2	11.3	8.8	6.2	5.0	3.5	7.6
1. Feb. "	2.0	1.2	1.1	3.1	10.0	14.0	16.5	17.0	14.8	12.7	11.8	11.2	9.6
2. " "	10.5	10.1	10.2	10.8	15.2	18.0	20.2	19.8	17.2	13.0	12.0	11.2	14.0
Mittel	7.2	6.8	6.7	7.9	12.2	15.5	17.2	16.5	13.4	11.0	10.1	8.7	11.1

Zeit und Ort	Wahre Ortszeit												Mittel
	Morgen				Mittag				Abend				
	2ʰ	4ʰ	6ʰ	8ʰ	10ʰ	12ʰ	2ʰ	4ʰ	6ʰ	8ʰ	10ʰ	12ʰ	
3. Feb. Regenfeld (Regentage)	10.5°	10.3°	10.2°	10.3°	10.4°	10.0°	11.0°	10.0°	9.3°	9.0°	9.0°	9.0°	9.9°
4. „ „	8.8	8.0	7.0	6.6	7.4	8.2	9.4	9.2	8.6	7.0	6.2	4.5	7.6
Mittel	9.6	9.1	8.6	8.4	8.7	9.1	10.2	9.6	8.9	8.0	7.6	6.7	8.7
11. Feb. Sandheim									12.7	9.0	7.1	5.6	
12. „ „	3.8	3.0	2.7	6.0	14.1	18.0	19.5	18.8	14.1	12.2	11.0		(11.1)
Mittel	3.8	3.0	2.7	6.0	14.1	18.0	19.5	18.8	13.4	10.6	9.0	5.6	10.4
21. Feb. Siuah				9.3	13.3	17.8	20.9	21.3	20.2	18.0	15.1	12.2	
22. „ „	10.0	8.8	9.0	11.6	15.4	18.2	20.0	21.0	19.0	15.2	12.4	10.8	14.3
23. „ „	9.7	9.0	8.7	9.7	12.4	15.9	17.9	19.0	18.2	16.0	13.8	11.3	13.5
24. „ „	9.3	7.4	7.2	11.0	15.2	17.5	18.0	17.6	16.0	13.3	10.4	9.0	12.7
25. „ „	7.4	6.1	5.5	8.0	14.3	18.1	20.2	20.6	18.7	13.6			
Mittel	9.1	7.8	7.6	9.9	14.1	17.5	19.4	19.9	18.4	15.2	12.9	10.8	13.5

Auf Tafel V sind diese Beobachtungen durch Curven dargestellt. Eine Ausgleichung war dabei weder numerisch noch graphisch nöthig, das Gesetz hat sich jedesmal sofort aus den Mittelzahlen selbst zu erkennen gegeben. Die grösste Amplitude zeigt Sandheim mit 17°; die kleinste findet sich bei Siuah mit 12°6. Letzteres ist ohne Zweifel den ausgedehnten Seen von Siuah zu verdanken, von denen auch die stärkere Bewölkung herrühren mag. In der That erinnere ich mich bestimmt, dass in Siuah im Februar nicht das in den übrigen Oasen vorherrschende schroffe Wüstenklima zu empfinden war, sondern ein angenehmes, an deutsche Maitage mahnendes Frühlingswetter, was auch mit den Berichten aus dem Alterthum über die Lieblichkeit der Ammons-Oase stimmt.

Bei der Zusammenfassung in Mittelwerthe ist zu beachten, dass die zwei Regentage von Regenfeld, 3. und 4. Februar, abnorm sind, an diesen zwei Tagen hörte die sonst starke Temperaturschwankung fast ganz auf (vgl. Tafel IV). Es scheint, dass allerdings durchschnittlich jedes Jahr ein stärkerer Regen in der Wüste fällt (vgl. d. Folgende), allein unter 29 Beobachtungstagen würden zwei Regentage jedenfalls zu viel Einfluss ausüben, es ist deswegen angezeigt, das Mittel dieser zwei Regentage nur als für einen Tag giltig zu behandeln. Hiernach bekommt man folgende Zusammenstellung:

Täglicher Gang der Lufttemperatur.

Ort	Anzahl der Tage	Wahre Ortszeit												Mittel
		Morgen				Mittag				Abend				
		2^h	4^h	6^h	8^h	10^h	12^h	2^h	4^h	6^h	8^h	10^h	12^h	
		°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
Farafrah	7	3.2	0.9	−0.5	3.3	10.4	15.1	17.3	17.0	12.6	8.4	6.2	4.9	8.2
Dachel	5	7.7	5.5	4 1	6.3	11.5	15.2	17.7	17.4	15.5	13.5	12.4	10.2	11.4
Einsiedel I u. II	4	6.0	4.8	4.3	8.7	14.0	18.6	19.2	18.0	14.4	10.8	8.5	7.0	11.2
Regenfeld	5	7.2	6.8	6.7	7.9	12.2	15.5	17.2	16.5	13.4	11.0	10.1	8.7	11.1
"	1	9.6	9.1	8.6	8.4	8.7	9.1	10.2	9.6	8.9	8.0	7.6	6.7	8.7
Sandheim	1	3.8	3.0	2.7	6.0	14.1	18.0	19.5	18.8	13.4	10.6	9.0	5.6	10.4
Siuah	5	9.1	7.8	7.6	9.9	14.1	17.5	19.4	19.9	18.4	15.2	12.9	10.8	13.5
Mittel	(28)	6.4	4.9	4.2	6.9	12.2	16.0	17.8	17.4	14.4	11.4	9.7	8.0	10.8
Reduction auf das Tagesmittel:		− 4.4	− 5.9	− 6.6	− 3.9	+ 1.4	+ 5.8	+ 7.0	+ 6.6	+ 3.6	+ 0.6	− 1.1	− 2.8	

Auf Tafel VI ist die entsprechende Curve gezeichnet. Die Amplitude der Tagesperiode ist hiernach 14°.

Durch graphische Interpolation findet man auch die normale mittlere Temperatur für jede einzelne Stunde, nämlich bezogen auf das Tagesmittel:

Vormittag				Nachmittag			
1^h	− 3°6	7^h	− 6°0	1^h	+ 6°5	7^h	+ 2°0
2	− 4.4	8	− 3.9	2	+ 7.0	8	+ 0.6
3	− 5.1	9	− 1.4	3	+ 7.0	9	− 0.4
4	− 5.9	10	+ 1.4	4	+ 6.6	10	− 1.1
5	− 6.5	11	+ 3.5	5	+ 5.4	11	− 1.8
6	− 6.6	12	+ 5.2	6	+ 3.6	12	− 2.8

Die Summe dieser Zahlen ist so nahe = 0, dass dadurch bewiesen ist, dass auch das arithmetische Mittel aus Beobachtungen mit zweistündigem Intervall, wovon ursprünglich ausgegangen wurde, als wahres Tagesmittel genommen werden kann.

Um aus den berechneten wahren Tagesmitteln der Lufttemperatur allgemeine Schlüsse auf das Klima der Wüste und der Oasen machen zu können, braucht man die correspondirenden Beobachtungen der meteorologischen Station Kairo und die normalen Werthe der Temperatur an diesem Ort für die Wintermonate. Beides wird durch die Beobachtungen von Ismael-Bey geliefert.

Lufttemperatur in Kairo, December 1873.

Monatstag	Mittlere Ortszeit								Mittel
	3h	6h	9h	12h	3h	6h	9h	12h	
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1	13.2	12.1	15.2	19.2	20.7	17.6	15.9	14.4	16.0
2	16.5	16.1	16.5	17.3	18.1	17.6	17.3	16.8	17.0
3	11.9	11.2	12.9	20.5	22.2	20.0	15.1	13.6	15.9
4	11.0	9.2	11.0	21.6	24.5	18.7	14.6	11.4	17.0
5	10.2	8.5	14.7	19.4	21.2	18.0	13.8	11.0	14.6
6	10.0	9.2	10.9	16.9	19.0	18.0	14.2	12.7	13.8
7	10.9	9.6	13.6	17.2	18.5	16.7	15.2	12.9	14.3
8	11.3	10.0	12.9	20.3	23.0	20.4	18.2	16.0	18.5
9	15.7	14.0	16.7	23.5	27.5	23.0	21.4	18.0	19.8
10	17.1	16.4	17.2	22.3	23.9	21.4	18.3	15.2	18.9
11	14.0	12.9	16.8	22.0	24.6	20.3	17.8	15.2	17.9
12	14.8	13.9	17.7	21.3	23.5	18.9	15.7	12.6	17.3
13	10.9	10.2	16.0	18.6	21.2	17.2	13.8	12.2	15.0
14	10.7	8.6	14.8	18.6	19.4	16.1	14.1	12.0	14.3
15	7.9	5.7	12.4	17.4	18.0	15.2	12.9	11.2	12.6
16	10.0	8.6	11.8	18.5	19.2	16.8	15.3	13.7	14.2
17	13.2	12.5	14.5	18.2	19.4	15.5	12.8	12.0	14.7
18	11.2	10.3	12.9	17.1	18.2	14.7	12.8	12.4	13.7
19	12.4	12.2	12.1	11.4	12.5	12.0	10.9	9.7	11.6
20	9.4	8.9	12.0	15.3	15.3	12.8	11.5	10.2	11.9
21	9.7	8.6	12.0	16.0	16.6	13.8	11.5	10.0	12.3
22	9.2	7.2	10.7	15.0	16.3	13.1	9.2	8.2	11.1
23	7.3	5.8	10.7	16.8	17.3	15.2	14.1	10.0	12.1
24	7.4	5.8	10.6	16.5	16.9	14.5	10.1	9.2	11.4
25	8.0	7.0	11.7	16.5	17.7	14.5	13.4	11.5	12.5
26	9.6	8.2	13.4	17.4	14.5	12.2	11.5	9.6	12.0
27	9.1	8.3	9.3	10.4	10.2	9.1	8.0	6.8	8.9
28	6.7	6.5	8.8	13.0	15.4	13.1	11.3	10.5	10.6
29	10.2	9.7	12.2	15.2	17.3	13.7	11.9	10.0	12.5
30	9.8	8.7	13.1	15.8	16.3	14.3	12.1	9.5	11.2
31	8.2	6.0	10.0	15.9	17.1	13.0	10.9	9.3	11.3
Mittel	10.9	9.4	13.1	17.6	18.9	16.0	13.7	11.9	14.0

Lufttemperatur in Kairo, Januar 1874.

Monats-tag	Mittlere Ortszeit								Mittel
	3h	6h	9h	12h	3h	6h	9h	12h	
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1	8.6	7.8	11.6	15.0	17.5	14.6	12.8	11.0	12.3
2	10.2	9.2	14.3	17.5	18.8	14.2	13.2	12.2	13.7
3	9.2	7.6	12.9	15.0	14.0	11.8	9.5	8.6	11.0
4	8.4	7.8	11.0	15.1	15.3	13.2	11.0	9.4	10.1
5	8.6	7.0	11.2	14.8	16.4	14.6	12.5	10.9	12.0
6	10.0	9.0	15.6	21.9	21.4	17.5	15.0	13.2	15.4
7	12.6	12.0	15.9	18.0	19.0	15.6	13.4	11.6	14.7
8	9.6	7.9	14.9	18.7	19.4	15.2	12.9	10.5	13.6
9	9.0	8.5	14.3	17.8	19.9	14.9	12.9	11.3	13.5
10	10.1	9.4	12.1	14.4	14.7	12.5	11.8	10.8	11.9
11	10.7	10.1	12.5	15.6	16.6	13.9	12.3	11.5	12.9
12	10.4	10.1	11.3	16.0	16.5	13.7	12.2	11.8	12.7
13	10.1	9.8	12.8	16.4	18.4	16.5	12.8	10.0	13.3
14	10.3	7.7	9.8	16.2	17.4	13.5	12.7	11.1	12.3
15	10.5	10.0	14.0	17.4	16.6	13.3	10.8	9.7	12.7
16	9.2	8.8	14.0	16.2	17.1	14.0	11.5	10.3	12.6
17	9.9	9.0	13.8	17.7	18.8	15.3	12.8	10.9	13.5
18	9.3	8.3	13.8	16.7	17.8	14.1	11.6	10.0	12.7
19	9.5	8.8	13.4	16.2	17.9	10.1	12.8	10.6	12.4
20	10.4	9.6	11.5	17.3	20.2	14.0	12.7	10.0	13.2
21	8.8	8.2	16.0	20.2	19.3	16.2	12.2	10.9	13.9
22	9.0	6.7	10.5	18.8	20.3	16.3	12.5	10.9	13.1
23	9.5	9.0	13.3	16.5	17.8	13.2	12.8	12.2	13.0
24	9.5	9.0	13.3	16.5	17.8	13.2	12.8	12.2	13.0
25	10.1	9.2	14.6	17.4	18.4	15.9	14.5	13.5	14.2
26	12.5	12.0	14.5	18.3	18.9	15.5	13.7	12.0	14.6
27	10.6	9.9	12.4	15.6	16.6	14.3	13.2	12.6	13.1
28	11.5	10.7	15.0	17.4	17.3	15.3	13.4	12.3	14.1
29	10.5	9.5	13.3	15.7	15.6	13.6	11.7	10.6	12.5
30	9.8	9.0	16.0	19.5	16.2	13.8	12.6	10.8	13.4
31	9.0	8.4	10.4	13.4	13.5	11.2	13.5	8.7	11.0
Mittel	9.9	8.7	13.2	16.9	17.6	14.2	12.6	11.0	13.0

Lufttemperatur in Kairo, Februar 1874.

Monatstag	Mittlere Ortszeit								Mittel
	3h	6h	9h	12h	3h	6h	9h	12h	
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1	7.9	6.5	10.8	13.8	15.6	13.1	11.9	10.1	11.2
2	8.8	7.4	12.9	17.3	16.1	14.0	11.8	10.5	12.3
3	9.8	9.0	13.9	18.7	19.0	16.6	14.4	12.4	14.2
4	11.2	10.0	11.5	14.0	15.4	13.0	10.9	9.6	11.9
5	8.0	7.6	10.7	14.2	14.6	11.5	10.3	8.2	10.6
6	7.7	7.2	11.3	13.8	14.0	12.1	8.7	6.5	10.1
7	5.5	4.4	7.8	12.2	12.5	9.6	6.2	4.0	7.7
8	4.0	3.8	11.8	13.2	13.4	11.2	10.5	9.5	9.6
9	7.8	6.8	10.0	13.0	14.3	12.3	8.3	7.4	9.9
10	7.0	6.5	11.2	15.6	17.0	13.7	11.5	9.6	11.5
11	8.1	7.0	11.1	16.2	19.2	15.9	13.1	11.8	12.8
12	10.7	8.4	14.0	19.0	20.8	16.6	13.5	11.0	14.2
13	10.5	9.0	11.0	14.4	15.2	11.2	9.0	7.5	10.9
14	7.4	7.2	11.2	13.4	15.2	10.8	5.9	5.3	9.5
15	4.0	3.3	9.5	13.8	15.5	13.3	10.0	8.3	9.7
16	6.6	5.0	10.6	15.1	15.5	13.5	10.2	8.5	10.6
17	7.8	7.1	12.9	15.8	16.9	13.6	9.4	7.5	11.3
18	6.9	6.2	11.2	16.7	18.6	14.7	11.5	8.5	11.7
19	8.4	8.2	14.0	18.2	20.0	17.6	12.5	9.6	13.5
20	9.1	8.2	17.5	21.1	23.6	19.0	13.0	11.4	15.3
21	8.4	4.9	11.2	19.5	23.6	18.7	14.9	11.9	14.1
22	11.0	10.5	15.5	22.7	27.5	20.2	15.6	11.6	16.8
23	9.8	8.7	16.0	18.9	19.2	15.6	12.0	10.2	13.8
24	9.2	8.0	15.0	18.6	18.2	15.1	11.8	9.0	13.1
25	7.5	6.4	13.7	18.3	20.4	17.0	13.0	10.2	13.3
26	8.8	7.3	13.2	17.7	19.7	16.2	13.2	11.1	13.4
27	9.3	8.7	17.3	19.2	14.4	11.1	10.0	8.3	12.2
28	8.3	7.7	14.1	16.2	16.0	13.5	12.4	11.7	12.4
Mittel	8.2	7.2	12.5	16.4	17.5	14.3	11.3	9.3	12.1

Lufttemperatur in Kairo, März 1874.

Monatstag	Mittlere Ortszeit 3h	6h	9h	12h	3h	6h	9h	12h	Mittel
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1	8.8	7.3	14.4	15.3	15.2	13.5	12.2	10.7	12.1
2	8.5	6.6	14.2	19.3	19.1	17.5	15.6	14.0	14.3
3	12.5	10.5	19.0	21.5	21.8	19.4	17.5	15.2	17.1
4	13.5	11.6	15.2	17.3	16.3	14.7	13.2	11.9	14.2
5	11.1	10.2	13.9	15.5	15.3	12.4	10.0	8.6	12.1
6	7.2	5.8	14.0	13.5	14.1	12.5	10.3	9.0	10.8
7	7.5	5.4	14.3	17.9	20.2	16.5	12.1	10.3	13.0
8	6.0	4.3	12.2	17.2	18.0	13.8	9.4	7.6	11.0
9	6.0	4.3	12.2	17.2	18.0	13.8	9.4	7.6	11.0
10	7.1	6.0	15.6	14.7	16.3	14.0	11.9	10.2	11.9
11	8.0	5.8	14.4	17.6	18.0	16.6	12.8	11.0	13.0
12	9.0	5.6	16.1	19.7	21.5	18.5	16.4	14.7	15.1
13	10.3	7.1	11.3	17.7	25.5	20.6	13.3	12.0	14.7
14	9.9	8.4	16.0	19.3	23.1	19.5	14.2	12.5	15.3
15	11.7	10.2	18.3	19.8	22.8	19.0	14.9	12.5	16.1
16	10.1	8.5	15.6	17.7	16.7	14.0	11.5	9.3	12.9
17	8.0	7.2	14.4	18.4	17.1	11.6	9.2	7.5	11.6
18	7.0	5.2	17.1	10.0	7.8	5.0	2.5	2.0	7.0
19	1.4	1.1	10.7	14.2	13.9	11.6	9.3	7.4	8.7
20	5.9	4.8	13.0	16.5	18.0	15.9	13.0	11.2	12.2
21	10.0	8.0	19.8	23.3	23.8	20.2	16.7	14.6	17.0
22	11.4	10.3	18.3	22.9	22.0	18.6	17.8	16.0	17.1
23	12.2	8.6	16.0	19.4	18.2	14.7	12.5	10.8	14.0
24	9.2	6.6	14.0	19.3	19.5	16.8	15.2	13.0	14.2
25	10.2	8.3	20.7	24.5	24.3	22.4	24.7	25.1	20.0
26	22.5	20.0	23.2	26.4	23.7	21.2	17.5	15.3	21.2
27	13.5	8.4	15.7	18.5	20.2	15.7	12.0	9.8	14.2
28	8.8	8.1	16.3	18.5	19.0	16.6	11.5	9.2	13.5
29	8.1	7.6	17.0	19.6	20.5	17.8	12.9	10.5	14.2
30	10.4	10.0	17.4	19.8	19.9	16.2	11.3	8.9	14.2
31	8.3	7.7	16.1	18.7	21.3	18.4	14.1	11.5	14.5
Mittel	9.5	7.7	15.7	18.4	19.1	16.1	13.1	11.3	13.8

Der Uebersichtlichkeit wegen stellen wir die vorstehenden Resultate in Folgendem zusammen:

Lufttemperatur in Kairo.

Monat	Mittlere Ortszeit Morgen			Mittag			Abend		Mittel
	3h	6h	9h	12h	3h	6h	9h	12h	
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
December 1873	10.9	9.4	13.1	17.6	18.9	16.0	13.7	11.9	14.0
Januar 1874	9.9	8.7	13.2	16.9	17.6	14.2	12.6	11.0	13.0
Februar "	8.2	7.2	12.5	16.4	17.5	14.3	11.3	9.3	12.1
März "	9.5	7.7	15.7	18.4	19.1	16.1	13.1	11.3	13.8
Mittel	9.6	8.2	13.6	17.3	18.3	15.1	12.7	10.9	13.2
Reduction auf d. Tagesmittel	− 3.6	− 5.0	+ 0.4	+ 4.1	+ 5.1	+ 1.9	− 0.5	− 2.3	

Auch hiefür ist eine Curve auf Tafel VI gezeichnet. Die Amplitude der Temperatur in Kairo ist bereits ziemlich kleiner als in der Wüste, nämlich nur 10° gegen 14° in letzterem Gebiet.

Die Monatsmittel der 6 Jahre 1868—1873 sind nach Ismael-Bey in folgender Tafel zusammengestellt, welche zugleich das Resultat einer Ausgleichung und die Mittel für die Monate Januar bis März 1874 enthält.

Lufttemperatur in Kairo.

Monat	1868	1869	1870	1871	1872	1873	Mittel	Ausgeglichen	1874
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
Januar	12.30	12.23	14.11	12.75	13.45	12.59	12.90	12.93	12.98
Februar	11.92	12.94	13.81	12.45	13.60	14.86	13.26	13.76	12.06
März	16.89	17.03	18.48	15.45	18.93	18.72	17.58	16.84	13.81
April	20.15	19.82	19.18	20.95	20.97	23.38	20.74	21.39	
Mai	26.23	26.18	27.44	26.15	25.31	25.77	26.18	25.84	
Juni	28.69	30.39	28.57	28.30	28.37	27.99	28.72	28.94	
Juli	29.98	29.42	30.41	29.70	28.85	29.04	29.57	29.63	
August	29.77	29.31	29.41	29.25	28.82	29.13	29.28	28.68	
September	27.02	25.66	25.94	24.94	26.19	25.79	25.92	26.42	
October	24.89	22.12	21.84	23.20	22.92	22.99	22.99	23.00	
November	18.12	18.31	18.04	19.58	18.98	19.78	18.80	18.68	
December	14.27	15.53	14.88	15.77	14.85	14.00	14.88	14.77	
Jahr	21.69	21.58	21.84	21.54	21.77	22.00	21.74	21.74	

Zur Ausgleichung wurde die periodische Funktion gebildet:

$$w = 8.426 \sin(265^\circ 16' + \varphi) + 0.546 \sin(227^\circ 51' + 2\varphi) + 0.159 \sin(355^\circ 47' + 3\varphi)$$

wobei w die Abweichung eines Monatsmittels vom Jahresmittel bezeichnet und $\varphi = 0,\ 30^\circ\ 60^\circ \ldots$ den Mitteln der Monate Januar, Februar, März .... entspricht. Die Quadratsumme der übrigbleibenden Abweichungen beträgt 2.0 und die mittlere Abweichung selbst ist $\pm 0^\circ\!.6$. Nach dieser Formel sind die Zahlenwerthe berechnet, welche in der Columne mit der Ueberschrift „Ausgeglichen" sich finden.

Wir benützen diese Zahlen zur Untersuchung, ob der Winter 1873—74 in Egypten in Betreff der Temperatur normal war. Die Tafel zeigt, dass in Kairo

der December	1873	um	0°77	zu	kalt	
„ Januar	1874	„	0.05	„	warm	
„ Februar	„	„	1.70	„	kalt	
„ März	„	„	3.03	„	„	war.

Deswegen ist auch anzunehmen, dass die starken Fröste, welche wir im Februar in der Wüste beobachteten (vgl. d. Folgende), nicht ganz als Regel zu betrachten sind. Dieselben waren offenbar eine Nachwirkung des ebenfalls abnormen Regens vom 3. bis 4. Februar. Dass der Winter 1873—74 im Orient ungewöhnlich kalt war, bestätigen auch Zeitungsnachrichten, welche von Schnee in Syrien berichteten. (In Deutschland war der Winter 1873—74 in Betreff der Temperatur nahezu normal.)

Durch Vergleichung unserer auf Seite 109 und 110 berechneten genauen Temperaturmittel mit den entsprechenden Mitteln von Kairo lässt sich bestimmen, ob die Wüste im Winter kälter oder wärmer ist als Kairo. Wir nehmen in die Vergleichung auch die geographischen Breiten und die barometrisch bestimmten Höhen über dem Meer mit auf. (Ueber diese Höhen wird ein späterer Abschnitt Auskunft geben.)

Vergleichung der Lufttemperatur in der Wüste und in Kairo.
Kairo Breite = 30° 4′, Meereshöhe = 33 Meter.

Tag	Punkt	Breite	Höhe	Temperaturmittel in der Wüste W	Temperaturmittel in Kairo K	Temperaturmittel Differenz W—K	
			m	°	°	°	
29. December	Bir-Keraui	27° 7′	80	7.6	12.5	— 4.9	
30. "	Farafrah	27 3	76	7.4	11.2	— 3.8	
31. "	"	" "	"	6.3	11.3	— 5.0	
1. Januar	"	" "	"	9.0	12.3	— 3.3	
2. "	"	" "	"	10.1	13.7	— 3.6	
3. "	Bir-Dikker	26 54	98	9.2	11.0	— 1.8	
				8.3	12.0	— 3.7	Mittel
10. "	Dachel	25 42	108	11.5	11.9	— 0.4	
11. "	"	" "	"	11.5	12.9	— 1.4	
12. "	"	" "	"	10.6	12.7	— 2.1	
				11.2	12.5	— 1.3	Mittel
19. "	Einsiedel I	25 37	172	11.1	12.4	— 1.3	
23.—24. "	Einsiedel II	25 25	273	10.7	13.0	— 2.3	
29. "	Regenfeld	25 11	450	12.3	12.5	— 0.2	
30. "	"	" "	"	12.2	13.4	— 1.2	
31. "	"	" "	"	7.6	11.0	— 3.4	
1. Februar	"	" "	"	9.6	11.2	— 1.6	
2. "	"	" "	"	14.0	12.3	+ 1.7	Regen in Regenfeld
3. "	"	" "	"	9.9	14.2	— 4.3	Regen in Regenfeld
4. "	"	" "	"	7.6	11.9	— 4.3	
				10.5	12.4	— 1.9	Mittel
12. "	Sandheim	26 53	211	11.1	14.2	— 3.1	
22. "	Siuah	29 12	— 30	14.3	16.8	— 2.5	
23. "	"	" "	"	13.5	13.8	— 0.3	
24. "	"	" "	"	12.7	13.1	— 0.4	
		26° 25′	206	13.5	14.6	— 1.1	Mittel
				10.4	12.6	— 2.2	Gesammtmittel

Ausser den ganzen Tagesreihen von Temperaturbeobachtungen ist nun noch eine ganze Menge anderer Thermometerablesungen vorhanden, welche wenigstens während des Tages von Morgens bis Abends fortlaufende Reihen bilden, und da die Tagesperiode ermittelt ist (vgl. S. 111) kann man auch aus diesen unvollständigen Reihen wenigstens näherungsweise Tagesmittel ableiten, welche mit denen von Kairo vergleichbar sind.

Die folgenden Zahlentafeln enthalten zunächst noch 31 solche von mir während des Marsches und bei den Aufenthalten in Beharieh und Chargeh gewonnene Reihen (das Thermometer wurde dabei als Schleuderthermometer geschwungen), welche in solche Gruppen eingetheilt sind, dass in denselben die Meereshöhe und die geographische Breite möglichst gleich sind. Die Tage, an welchen ein Randgebirge überschritten wurde, sind aus diesem Grunde ausgeschlossen. Die Temperaturcurven solcher Tage zeigen deutlich, dass die hochgelegene Wüste um mehrere Grade kälter ist, als die Oasensenkungen. Mit Ausnahme der Tage zwischen dem 2. und 18. März sind diese Beobachtungen an denselben Orten gemacht, wie die bereits früher mitgetheilten des Rohlfs'schen meteorologischen Tagebuches (vgl. S. 103—106) es sollten also die zu gleichen Zeiten notirten Temperaturen übereinstimmen. Wenn das zuweilen nicht genügend der Fall ist, so wird der Grund wohl hauptsächlich darin zu suchen sein, dass die Beobachtungszeiten von S. 103—106 nur beiläufig eingehalten sind.

Ausser den genannten 31 Reihen sind noch 36 solche vorhanden, welche die Herren Ascherson und Remelé während des Sandmarsches der übrigen Mitglieder in Dachel und Farafrah in sorgfältigster Weise beobachtet haben.

Die Verarbeitung dieses Materials ist wie immer graphisch ausgeführt worden, indem zuerst aus den abgelesenen Tageszeiten und Thermometerständen die Temperaturcurven construirt und dann die Functionswerthe für die Stunden 6^h 9^h 12^h 3^h 6^h 9^h daraus entnommen wurden. Da die Zeitintervalle gewöhnlich nicht grösser als 1—2 Stunden sind, ist diese Methode genügend genau. Die Reductionen auf das Tagesmittel nach S. 111 wurden für jede einzelne ausgewählte Stunde angebracht, damit ersichtlich wird, welche Genauigkeit hievon zu erwarten ist. In den meisten Fällen ist die Uebereinstimmung der so reducirten Einzelwerthe befriedigend. Ueberall ist sofort zur Vergleichung das correspondirende Tagesmittel von Kairo nach S. 112—115 zugefügt.

Temperaturbeobachtungen während des Marsches.

Ort und Zeit		Ortszeit						Mittel	Tagesmittel	Kairo	Differenz.
		6^h	9^h	12^h	3^h	6^h	9^h				
Plauteau zwischen Siut und Farafrah	22. December	° 1.2	° 6.0	° 15.0	° 17.1	° 9.2	° 4.4	° 8.8	° 7.6	° 11.1	° — 3.5
	23. „	2.2	6.7	13.6	16.6	11.0	6.2	9.4	8.2	12.1	— 3.9
	24. „	0.2	7.0	15.0	17.0	11.4	6.4	9.5	8.3	11.4	— 3.1
	25. „	0.5	9.8	15.0	17.0	11.8	7.8	10.3	9.1	12.5	— 3.4
	26. „	4.0	9.0	15.0	16.5	13.0	8.0	10.9	9.7	12.0	— 2.3
(5) Mittel		1.6	7.7	14.7	16.8	11.3	6.6	9.8	8.6	11.8	— 3.2
Reduction auf d. Tagesmittel		+ 6.6	+ 1.4	— 5.2	— 7.0	— 3.6	+ 0.4	— 1.2			
Tagesmittel		8.2	9.1	9.5	9.8	7.7	7.0	8.6			

Ort und Zeit	Ortszeit						Mittel	Tages-mittel	Kairo	Differenz.
	6^h	9^h	12^h	3^h	6^h	9^h				
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
Dünenstrasse 5. Januar	5.9	10.0	14.2	16.2	13.3	8.8	11.4	10.2	12.0	— 1.8
Karaschaff 6. „	6.7	15.7	19.6	22.2	16.1	12.8	15.5	14.3	15.4	— 1.1
Mittel	6.3	12.8	16.9	19.2	14.7	10.8	13.4	12.2	13.7	— 1.5
Reduction auf d. Tagesmittel	+ 6.6	+ 1.4	— 5.2	— 7.0	— 3.6	+ 0.4	— 1.2			
Tagesmittel	18.9	14.2	11.7	12.2	11.1	11.2	12.2			
Sandmeer 16. Februar	0.0	6.4	13.6	15.9	13.5	11.0	10.1	8.9	10.6	— 1.7
„ 17. „	3.8	8.0	15.0	15.3	13.8	9.0	10.8	9.6	11.3	— 1.7
„ 18. „	5.0	9.0	16.0	18.4	16.0	12.6	12.8	11.6	11.7	— 0.1
„ 19. „	4.4	12.0	17.4	20.0	18.3	12.0	10.4	12.8	13.5	— 0.7
Mittel	3.3	8.8	15.5	17.6	15.4	11.1	11.9	10.7	11.8	— 1.1
Reduction auf d. Tagesmittel	+ 6.6	+ 1.4	— 5.2	— 7.0	— 3.6	+ 0.4	— 1.2			
Tagesmittel	9.9	10.2	10.3	10.6	11.8	11.5	10.7			
Siuah 26. Februar	4.0	13.5	20.6	23.5	20.4	14.9	16.1	14.9	13.4	+ 1.5
„ 27. „	9.7	13.2	16.0	18.7	18.0	13.0	14.8	13.6	12.2	+ 1.4
Aradj 28. „	3.3	12.5	19.2	20.0	15.0	12.2	13.7	12.5	12.4	+ 0.1
Sittrah 1. März	6.0	10.5	17.8	18.2	14.2	10.0	12.8	11.6	12.1	— 0.5
„ 2. „	4.7	12.0	21.2	25.0	24.2	22.1	18.2	17.0	14.3	+ 2.7
Hauid 3. „	15.0	17.6	22.2	21.2	18.8	14.8	18.3	17.1	17.1	0.0
Bahr-bela-ma 4. „	13.0	15.0	14.8	14.7	13.6	11.4	13.7	12.5	14.2	— 1.7
„ 5. „	9.2	11.4	15.4	18.1	14.4	8.7	12.9	11.7	12.1	— 0.4
„ 6. „	0.5	8.4	13.6	16.0	14.0	10.2	10.4	9.2	10.8	— 1.6
(9) Mittel	7.3	12.7	17.9	19.5	16.9	13.0	14.5	13.3	13.2	+ 0.2
Reduction auf d. Tagesmittel	+ 6.6	+ 1.4	— 5.2	— 7.0	— 3.6	+ 0.4	— 1.2			
Tagesmittel	13.9	14.1	12.7	12.5	13.3	13.4	13.3			
Beharieh 7. März	3.0	10.0	20.2	20.3	17.1	13.1	14.0	12.8	13.0	— 0.2
Häss 8. „	6.2	10.0	14.0	16.2	13.0	10.5	11.6	10.4	11.0	— 0.6
„ 9. „	1.0	7.5	13.8	17.2	13.5	7.1	10.0	8.8	11.0	— 2.2
Mittel	3.4	9.2	16.0	17.9	14.5	10.2	11.9	10.7	11.7	— 1.0
Reduction auf d. Tagesmittel	+ 6.6	+ 1.4	— 5.2	— 7.0	— 3.6	+ 0.4	— 1.2			
Tagesmittel	10.0	10.6	10.8	10.9	10.9	10.6	10.7			

Ort und Zeit	Ortszeit 6h	9h	12h	3h	6h	9h	Mittel	Tages-mittel	Kairo	Differenz.
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
Ain-el-Uadi 11. März	5.0	12.5	18.2	25.4	19.4	11.2	15.3	14.1	13.0	+ 1.1
Farafrah 12. „	8.4	13.0	20.0	23.1	20.0	11.8	16.0	14.8	15.1	— 0.3
(2) Mittel	6.7	12.7	19.1	24.2	19.7	11.5	15.6	14.4	14.0	+ 0.4
Reduction auf d. Tagesmittel	+ 6.6	+ 1.4	— 5.2	— 7.0	— 3.6	+ 0.4	— 1.2			
Tagesmittel	13.3	14.1	13.9	17.2	16.1	11.9	14.4			
Chargeh 23. März	11.5	17.7	21.2	23.0	20.1	15.0	18.1	16.9	14.0	+ 2.9
„ 24. „	6.0	12.0	20.3	21.8	15.8	13.0	14.8	13.6	14.2	— 0.6
„ 25. „	8.0	20.0	28.0	29.6	25.1	19.7	21.7	20.5	20.0	+ 0.5
„ 26. „	10.9	24.0	33.5	34.7	30.3	25.0	26.4	25.2	21.2	+ 4.0
(4) Mittel	9.1	18.4	25.7	27.3	22.8	18.2	20.2	19.0	17.3	+ 1.7
Reduction auf d. Tagesmittel	+ 6.6	+ 1.4	— 5.2	— 7.0	— 3.6	+ 0.4	— 1.2			
Tagesmittel	15.7	19.8	20.5	20.3	19.2	18.6	19.0			
Plateau zwischen Chargeh und Esneh 28. März	6.8	14.0	18.1	19.0	15.3	11.2	14.1	12.9	13.5	— 0.6
29. „	6.4	14.5	19.0	19.4	15.3	11.0	14.3	13.1	14.2	— 1.1
30. „	8.7	15.8	23.0	23.7	20.8	16.4	18.1	16.9	14.2	+ 2.7
(3) Mittel	7.3	14.8	20.0	20.7	17.1	12.9	15.5	14.3	14.0	+ 0.3
Reduction auf d. Tagesmittel	+ 6.6	+ 1.4	— 5.2	— 7.0	— 3.6	+ 0.4	— 1.2			
Tagesmittel	13.9	16.2	14.8	13.7	13.5	13.3	14.3			

Hierdurch werden die Lücken zwischen den ganzen Tagesreihen von S. 109 und 110 zum grossen Theil ausgefüllt.

Es folgen nun die ähnlich behandelten Temperaturbeobachtungen von Ascherson und Remelé, von denen aber die zwei Reihen vom 27. Januar bis 18. Februar in Dachel und vom 22. bis 27. Februar in Farafrah mit nicht controlirten Thermometern erhalten worden sind (vgl. S. 78). Die Reihe vom 5. bis 16. März in Dachel wurde durch Herrn Remelé mit dem (nachher von mir controlirten) Thermometer von Hassan-Effendi beobachtet (vgl. S. 78).

Temperaturbeobachtungen von Ascherson und Remelé.

Ort und Zeit	Ortszeit 6h	9h	12h	3h	6h	9h	Mittel	Tages-mittel	Kairo	Differenz.
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
Dachel 27. Januar	3.0	10.0	18.1	20.0	17.4	15.0	13.9	12.7	13.1	— 0.4
„ 28. „	4.3	9.8	17.7	20.3	16.4	12.4	13.5	12.3	14.1	— 1.8
„ 29. „	5.0	10.0	18.4	22.5	16.6	12.6	14.2	13.0	12.5	+ 0.5
„ 2. Februar	10.2	15.0	20.3	21.6	20.0	17.8	17.5	16.3	12.3	+ 4.0
„ 3. „	12.8	14.4	15.7	15.7	14.1	11.8	14.1	12.9	14.2	— 1.3
„ 4. „	10.3	12.0	13.8	14.1	12.2	9.6	12.0	10.8	11.9	— 1.1
„ 5. „	5.0	7.4	13.8	16.3	14.1	10.2	11.1	9.9	10.6	— 0.7
„ 6. „	2.7	7.8	14.6	16.0	13.7	10.3	10.8	9.6	10.1	— 0.5
„ 7. „	4.8	9.2	13.3	14.2	11.9	7.4	10.1	8.9	7.7	+ 1.2
„ 8. „	1.0	7.1	13.4	15.3	13.5	11.1	10.2	9.0	9.6	— 0.6
„ 9. „	4.7	9.6	14.6	15.0	12.6	7.7	10.7	9.5	9.9	— 0.4
„ 10. „	5.4	9.7	15.4	17.4	14.4	10.9	12.2	11.0	11.5	— 0.5
„ 11. „	3.5	8.8	17.1	19.6	16.1	10.2	12.5	11.3	12.8	— 1.5
„ 12. „	2.6	7.6	17.0	21.0	19.8	14.6	13.8	12.6	14.2	— 1.6
„ 13. „	10.0	12.5	15.3	18.0	15.8	10.5	13.7	12.5	10.9	+ 1.6
„ 14. „	6.8	9.8	14.1	16.9	14.8	10.0	13.7	12.5	9.5	+ 3.0
„ 15. „	5.0	10.8	15.8	17.8	16.1	12.0	12.9	11.7	9.7	+ 2.0
„ 17. „	7.2	12.1	17.0	24.0	16.6	11.4	14.7	13.5	11.3	+ 2.2
„ 18. „	7.7	12.9	18.0	20.5	18.5	12.4	15.0	13.8	11.7	+ 2.1
(19) Mittel	5.9	10.4	15.9	18.2	16.0	11.5	13.0	11.8	11.5	+ 0.3
Reduction auf d. Tagesmittel	+ 6.6	+ 1.4	— 5.2	— 7.0	— 3.6	+ 0.4	— 1.2			
Tagesmittel	12.5	11.8	10.7	11.2	12.4	11.9	11.8	11.8		
Farafrah 22. Februar	4.0	11.2	24.0	26.3	20.2	15.1	16.8	15.6	16.8	— 1.2
„ 23. „	13.0	14.0	22.2	21.0	16.9	13.0	16.7	15.5	13.8	+ 1.7
„ 24. „	7.0	14.2	20.3	22.4	19.2	13.0	16.0	14.8	13.1	+ 1.7
„ 25. „	4.8	13.5	20.8	23.8	18.8	14.0	15.9	14.7	13.3	+ 1.4
„ 26. „	8.0	11.1	21.6	22.6	19.3	15.0	16.3	15.1	13.4	+ 1.7
„ 27. „	10.0	17.3	23.8	24.2	18.3	13.0	17.8	16.6	12.2	+ 4.4
(6) Mittel	7.8	13.6	22.1	23.4	18.8	13.9	16.6	15.4	13.8	+ 1.6
Reduction auf d. Tagesmittel	+ 6.6	+ 1.4	— 5.2	— 7.0	— 3.6	+ 0.4	— 1.2			
Tagesmittel	14.4	15.0	16.9	16.4	15.2	14.3	15.4	15.4		

Temperaturbeobachtungen von Remelé.

Ort und Zeit	Ortszeit 6h	9h	12h	3h	6h	9h	Mittel	Tagesmittel	Kairo	Differenz
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
Dachel 5. März	16.2	19.4	22.0	23.8	22.8	18.7	20.5	19.3	12.1	+ 7.2
„ 7. „	7.2	16.0	23.0	24.2	20.7	16.1	18.0	16.8	10.8	+ 6.0
„ 8. „	9.0	15.8	20.2	21.8	18.4	12.3	16.2	15.0	13.0	+ 2.0.
„ 9. „	7.0	13.9	18.9	20.8	16.6	10.5	14.6	13.4	11.0	+ 2.4
„ 10. „	9.0	15.0	19.8	20.8	16.8	13.3	15.8	14.6	11.0	+ 3.6
„ 11. „	7.8	15.1	23.9	24.8	20.2	14.7	17.7	16.5	11.9	+ 4.6
„ 12. „	9.4	17.3	23.3	24.6	21.0	17.3	18.8	17.6	13.0	+ 4.6
„ 13. „	13.8	19.2	24.3	25.2	21.3	15.0	19.8	18.6	15.1	+ 3.5
„ 14. „	13.8	19.2	24.4	24.0	21.6	15.9	19.8	18.6	14.7	+ 3.9
„ 15. „	13.0	19.6	23.5	24.8	21.2	16.0	19.7	18.5	15.3	+ 3.2
„ 16. „	12.5	16.7	20.0	20.5	16.7	13.0	16.6	15.4	16.1	− 0.7
(11) Mittel	10.8	17.2	22.1	23.2	19.8	14.8	18.0	16.8	13.1	− 3.7
Reduction auf d. Tagesmittel	+ 6.6	+ 1.4	− 5.2	− 7.0	− 3.6	+ 0.4	− 1.2			
Tagesmittel	17.4	18.4	16.9	16.2	16.2	15.2	16.8	16.8		

Um die Temperaturangaben des Rohlfs'schen Tagebuches (S. 103—106) mit den Tagesmitteln von Kairo zu vergleichen, hat man sie zuerst wie die soeben behandelten Werthe auf das Tagesmittel zu reduciren. Die Beobachtungszeiten waren: 1. vor Sonnenaufgang, 2. Vormittags 9 Uhr, 3. Nachmittags 3 Uhr und 4. nach Sonnenuntergang. Die halbe Tageslänge ist nach S. 99 für die Expeditionsmonate December bis März im Mittel etwa $= 5^h 30^m$. Nun sind die Abweichungen vom Tagesmittel (S. 111):

für Vormittags	$6^h 30^m$	Abweichung	= − 6°.3
„ „	$9^h\ 0^m$	„	− 1.4
„ Nachmittags	$3^h\ 0^m$	„	+ 7.0
„ „	$5^h 30^m$	„	+ 4.5
		Mittel	= + 0.95

Da aber gesagt ist, es sei die erste Beobachtung vor Sonnenaufgang und die letzte nach Sonnenuntergang gemacht, so bilden wir noch die Combination:

Morgens	6^h	Abweichung	− 6°.6
„	9^h	„	− 1.4
Nachmittags	3^h	„	+ 7.0
Abends	6^h	„	+ 3.6
		Mittel	+ 0.65

Man wird deswegen von dem einfachen arithmetischen Mittel der täglichen 4 Beobachtungen 0°8 abziehen, um es auf das wahre Tagesmittel zu reduciren und es sind hiernach die wahren Temperaturmittel (S. 103—106 und S. 112—115):

	Wüste	Kairo	Differenz
13.—31. December	= 11°4 — 0°8 = 10°6	12°3	— 1°7
Januar	= 13.5 — 0.8 = 12.7	13.0	— 0.3
Februar	= 10.8 — 0.8 = 10.0	12.1	— 2.1
März	= 15.7 — 0.8 = 14.9	13.8	+ 1.1

Endlich haben wir noch die Temperaturbeobachtungen von Mr. Hogg in Siut (vgl. S. 100). Ich hatte denselben gebeten, täglich 3 mal abzulesen, und zwar Morgens, nach Mittag und Abends, jedoch nicht zu genau festgesetzter Stunde (weil solche Stunden schwer genügend einzuhalten sind), sondern nur ungefähr zur angegebenen Zeit; dagegen sollte die Uhr jedesmal genau notirt werden. Zum Zweck der Mittelbildung construirte ich bei der Verarbeitung aus den 3 Tagesbeobachtungen näherungsweise Tagescurven, welche gestatteten, für die den wirklichen Beobachtungszeiten stets sehr nahe liegenden Zeiten 8^h Vormittags, 2^h Nachmittags und 8^h Abends die Funktionswerthe zu bestimmen. So sind die folgenden Zahlen erhalten worden. (Die Lücken fallen auf die Sonntage, an denen Mr. Hogg nicht beobachtet hat.) Das Thermometer ist nicht controlirt (S. 79).

Temperaturbeobachtungen von Mr. Hogg in Siut.

Monatstag	December			Januar			Februar			März		
	8^h	2^h	8^h	8^h	2^h	8^h	8^h	2^h	8^h	8^h	2^h	8^h
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1				6.8	18.6	14.5						
2				7.8	18.0	11.5	11.8	19.2	15.1	11.0	25.0	19.7
3				10.7	16.8	11.0	12.0	20.0	15.0	14.1	29.5	22.0
4							12.7	16.6	12.6	18.0	23.5	19.2
5				9.0	18.6	11.7	5.5	18.7	12.0	15.5	21.9	18.8
6				13.0	23.5	16.6	8.1	18.0	13.8	12.4	18.7	14.2
7				12.5	21.8	14.0	2.2	13.4	6.5	9.8	22.7	15.0
8				10.5	21.0	13.0						
9				9.0	20.0	13.7	6.3	17.0	11.7	13.4	18.9	13.7
10				11.2	18.2	14.0	6.0	17.4	12.0	13.9	18.7	13.0
11							5.8	19.4	15.6	10.0	25.5	17.0
12							8.7	22.6	15.0	13.8	25.8	19.4
13				11.8	21.0	13.0	10.0	17.5	10.9	14.0	27.0	18.5
14				10.5	20.2	15.4	7.6	15.6	9.0	14.7	23.7	16.8
15				12.8	19.7	13.0						

Monatstag	December			Januar			Februar			März		
	8ʰ	2ʰ	8ʰ	8ʰ	2ʰ	8ʰ	8ʰ	2ʰ	8ʰ	8ʰ	2ʰ	8ʰ
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
16	11.0	21.3	16.1	8.5	18.6	13.7	7.0	17.6	11.8	13.5	21.0	16.2
17	13.5	21.2	15.3	5.8	18.7	13.0	8.6	18.0	12.0	14.3	21.2	11.8
18	12.0	19.1	13.7				9.0	19.6	14.0	14.0	20.0	12.7
19	17.6	19.1	14.3	6.2	25.6	17.0	9.7	21.0	16.6	14.0	17.0	14.4
20	7.2	18.0	11.9	11.5	22.6	13.0	10.0	23.7	17.7	13.3	22.6	17.2
21				11.4	22.2	15.4	13.3	26.0	17.8	14.0	26.3	21.0
22	7.3	18.5	9.5	9.0	23.7	16.7						
23	6.6	17.3	13.7	11.0	19.8	14.0	16.0	25.8	16.2	16.5	21.5	17.0
24	6.3	19.2	12.6	12.6	19.0	13.7	10.7	22.0	16.7	14.4	24.8	20.3
25	8.0	19.5	13.1				14.0	22.3	17.2	18.0	30.8	27.5
26	7.7	18.5	13.8	10.6	20.7	12.7	12.0	23.4	17.6	19.8	34.0	23.1
27	11.0	15.8	11.6	10.2	20.2	15.5	13.0	24.0	16.8	17.4	23.2	16.5
28				13.7	19.1	14.8	11.4	19.3	14.8	14.6	21.0	16.0
29	10.0	19.7	13.5	8.4	22.2	15.0						
30	8.0	18.8	12.5	11.3	18.3	16.0				15.4	25.0	17.8
31	7.6	19.7	12.6	10.2	17.2	9.5				15.2	24.2	20.2
Mittel	9.6	19.0	13.2	10.2	20.2	13.9	9.6	19.9	14.1	14.4	23.6	17.7

Zur Reduction auf das Tagesmittel sind wir genöthigt, die in der Wüste gefundene Periode (S. 111) zu benützen. Man erhält damit:

	13°5 12°0 12°6	14°1 13°2 13°3	13°5 12°9 13°5	18°3 16°6 17°1
Siut	12°7	13°5	13°3	17°3

Zur Vergleichung mit Kairo hat man aus den correspondirenden Beobachtungen (S. 112—115) die entsprechenden Mittel zu bilden und findet:

Kairo	12°1	13°1	12°1	13°8
Differenzen	+ 0°6	+ 0°4	+ 1°2	+ 3°5

Die Extreme der Lufttemperatur sind aus den verschiedenen Tabellen S. 103—106, 109—110, 119—123 ersichtlich. Als höchste Temperatur ist 35° am 26. März notirt. In jenen Tagen wehte zum ersten mal der wegen seines Gluthhauches gefürchtete Chamsin-Wind von Süden, wobei die relative Feuchtigkeit bis auf 12% sank. Es waren dieses die einzigen Tage auf der ganzen Expedition, an denen uns die Hitze Beschwerde verursachte, wobei jedoch zu bemerken ist, dass bei sehr trockener Luft eine Temperatur von 35° leichter zu ertragen ist, als in Deutschland, wo eine ausnahmsweise vorkommende so hohe Lufttemperatur gewöhnlich mit viel Feuchtigkeit begleitet ist; obgleich andererseits die strahlende Wärme des vegetationslosen Bodens in der Wüste das Hitzegefühl erhöht.

Als niederste Temperatur ist — 5° in der ersten Hälfte des Februar im Sandmeer beobachtet. Das erste Eis wurde am Neujahrsmorgen in Farafrah beobachtet, wo es sich in einem kleinen Blechgefäss, das zur Befeuchtung des Thermometers diente, beim Anstossen bildete. Als im Februar im Sandmeer starke Nachtkälte eintrat, pflegte ich Abends eine eiserne Schüssel mit wenig Wasser, als bestes Minimumthermometer, auszustellen; der folgende Morgen lieferte 3 mal Eis, dessen grösste Dicke 4mm betrug, und zwar in der Nacht vom 7.—8. Februar. Die Zahl der Nächte, an denen die Temperatur unter 0° sank, beträgt etwa 12. Allerdings die auf S. 111 gebildeten Mittelzahlen zeigen das Minimum 4° über Null, weil von den durchlaufenden Tagesreihen keine in die kalten Februartage fällt. Uebrigens war der Winter 1873—74 in der libyschen Wüste um 1°—2° zu kalt im Vergleich mit dem sechsjährigen Durchschnitt von 1868—73 von Kairo, wie auf S. 117 gefunden wurde, wesshalb wohl die grosse Zahl der von uns beobachteten Frosttage als Ausnahme zu betrachten ist.

Um endlich die normalen Wintertemperaturmittel für die einzelnen Theile der libyschen Wüste zu finden, gehen wir von dem Mittel der normalen Temperaturen in Kairo für December, Januar und Februar nach S. 116 aus, nämlich 13°8 und bilden aus den Resultaten von S. 118, 120—120 folgende Zusammenstellung (Die mit nicht controlirten Thermometern gewonnenen Resultate sind in Klammer gestellt; übrigens ist mir auch über die Kairoer Stationsthermometer aus eigener Erfahrung Nichts bekannt.):

Lufttemperatur, Hauptresultate.

Ort und Zeit	Zahl der ganzen Tagesreihen	Zahl der halben Tagesreihen	Geograph. Breite	Höhe über dem Meer	Temperaturdifferenz gegen Kairo	Normale Winter-Temperatur
				m	°	°
Kairo December, Januar, Februar	90		30° 5′	33	0.0	13.8
Siut „ „ „		64	27 10	59	(+ 0.8)	(14.6)
Plateau 22. bis 26. December		5	27 20	200	— 3.2	10.6
Farafrah 29. December bis 3. Januar	6		27 3	76	— 3.7	10.1
„ 22. bis 27. Februar		6	„	„	(+ 1.6)	15.4
„ 11. bis 12. März		2	„	„	+ 0.4	
Dünenstrasse u. Karaschaff 5. bis 6. Jan.		2	„	„	— 1.5	12.3
Dachel 10. bis 12. Januar	3		25 42	108	— 1.3	12.5
„ 27. Januar bis 18. Februar		19	„	„	(+ 0.3)	(14.1)
„ 5. bis 16. März		11	„	„	— 3.7	
Einsiedel I 19. Januar	1		25 37	172	— 1.3	11.8
Einsiedel II 23. bis 24. Januar	2		25 25	273	— 2.3	
Regenfeld 29. Januar bis 4. Februar	7		25 11	450	— 1.9	11.9
Sandheim 12. Februar	1		26 53	211	— 3.1	10.7
Sandmeer 16. bis 19. Februar		4	28 30	60	— 1.1	12.7

Ort und Zeit	Zahl der ganzen Tagesreihen	Zahl der halben Tagesreihen	Geograph. Breite	Höhe über dem Meer	Temperaturdifferenz gegen Kairo	Normal-Winter-Temperatur.
				m	°	°
Siuah 22. bis 24. Februar	3		29° 12′	— 30	— 1.1	12.7
Siuah bis Beharieh 26. Febr. bis 6. März		9	28 40	30	+ 0.2	
Beharieh 7. bis 9. März		3	28 21	113	— 1.0	
Chargeh 23. bis 26. März		4	25 26	61	+ 1.7	
Plateau 28. bis 30. März		3	25 20	440	+ 0.3	

Die Zahlen dieser Tabelle sprechen genügend für sich selbst, sowohl in Betreff der durch sie dargestellten Resultate als auch in Bezug auf deren Zuverlässigkeit. Als summarisches Mittel kann man annehmen, dass die libysche Wüste im Winter um 2° kälter ist als Kairo.

Die Temperatur der Oberfläche des Wüstensandes.

Da die Luft nicht direct durch die Sonne, sondern mittelbar durch die strahlende Wärme des Bodens erwärmt wird, ist es von Interesse, auch die Temperatur der Bodenoberfläche kennen zu lernen, namentlich dann, wenn diese Oberfläche sehr gleichartig ist. In der felsigen Wüste (Hammada) müsste man also die Gesteinstemperatur bestimmen, und man würde finden, dass dieselbe über Mittag sehr viel höher ist als die Lufttemperatur, denn das zeigt schon die Berührung mit der Hand. Schon im Winter werden die Temperaturdifferenzen des Gesteins 30° betragen und im Sommer noch viel mehr. Betrachtet man nun einen Felsblock von 1 Cubikmeter, so wird dieser durch die Wärmeänderung an seiner Oberfläche täglich um etwa 1 Millimeter ausgedehnt und wieder zusammengezogen, und denkt man sich diese oscillatorische Bewegung Jahrhunderte lang fortgesetzt, so begreift man sofort, warum in der Wüste alles Gestein an seiner Oberfläche vollständig zersplittert und zerklüftet ist.

Die eigentliche Temperaturmessung konnte sich aber nur auf die Oberfläche des Sandes beziehen, zu welchem Zweck ein Thermometer 1—2^{cm} tief in denselben eingelegt wurde. Die Ablesungen wurden immer gleichzeitig mit denen der Lufttemperatur gemacht, und haben folgende Resultate ergeben:

Differenz der Sandtemperatur und der Lufttemperatur.

Zeit und Ort	Wahre Ortszeit: Morgen 2h	4h	6h	8h	Mittag 10h	12h	2h	4h	Abend 6h	8h	10h	12h	Mittel
18. Jan. Einsiedel I								+ 5.0	+ 3.2	+ 2.0	+ 4.3	+ 4.7	
19. „ „	+ 4.3	+ 4.4	+ 4.7	+ 1.6	+ 2.0	+ 2.0	+ 3.3	+ 4.4	+ 1.2	+ 1.0	+ 1.7	+ 1.3	+ 2.7
20. „ „	+ 1.2	+ 0.8	– 0.2	– 1.0									
23. „ „ II					+ 1.4	+ 3.1	+ 3.7	+ 3.0	+ 2.4	+ 1.7	+ 0.7	+ 0.7	
24. „ „	+ 0.8	+ 1.0	+ 1.0	+ 1.0	+ 2.9	+ 5.0	+ 4.9	+ 3.5	+ 1.6				
Mittel	+ 2.1	+ 2.1	+ 1.8	+ 0.5	+ 2.1	+ 3.4	+ 4.0	+ 4.0	+ 2.1	+ 1.6	+ 2.2	+ 2.2	+ 2.3
28. Jan. Regenfeld									+ 0.8	+ 1.0	+ 0.4	+ 1.3	
29. „ „	+ 1.5	+ 1.1	+ 0.8	+ 0.3	– 0.4	– 0.4	+ 4.5	+ 2.3	+ 1.8	+ 0.4	0.0	0.0	+ 1.0
30. „ „	– 0.3	– 0.3	– 0.4	– 0.4	+ 2.4	+ 4.0	+ 4.8	+ 1.8	+ 1.2	+ 0.4	+ 0.2	+ 0.2	+ 1.1
31. „ „	+ 0.2	+ 0.2	+ 0.6	+ 1.5	+ 2.9	+ 4.0	+ 5.0	+ 5.0	+ 3.7	+ 3.0	+ 2.0	+ 2.0	+ 2.5
1. Feb. „	+ 1.9	+ 1.6	+ 1.8	+ 1.0	+ 0.8	+ 2.8	+ 2.8	+ 1.0	+ 0.6	+ 0.6	+ 0.9	+ 0.3	+ 1.3
2. „ „	0.0	– 0.2	– 0.3	– 0.4	– 0.6	+ 2.0	+ 3.0	+ 2.3	+ 1.0	+ 1.8	+ 1.2	+ 0.9	+ 0.9
Mittel	+ 0.7	+ 0.5	+ 0.5	+ 0.4	+ 1.0	+ 2.5	+ 4.0	+ 2.5	+ 1.5	+ 1.2	+ 0.8	+ 0.8	+ 1.3
11. Feb. Sandheim									+ 3.0	+ 4.0	+ 3.2	+ 3.2	
12. „ „	+ 3.2	+ 2.9	+ 2.8	– 0.2	– 2.5	+ 2.4	+ 3.0	+ 1.2	+ 1.0	+ 0.6	+ 1.0	+ 2.0	+ 1.4
Mittel	+ 3.2	+ 2.9	+ 2.8	– 0.2	– 2.5	+ 2.4	+ 3.0	+ 1.2	+ 2.0	+ 2.3	+ 2.1	+ 2.6	+ 1.8
Gesammtmittel	+ 1.4	+ 1.3	+ 1.2	+ 0.4	+ 1.0	+ 2.8	+ 3.9	+ 2.9	+ 1.8	+ 1.7	+ 1.6	+ 1.7	+ 1.8

Auch diese Resultate sind auf Tafel V graphisch dargestellt. Der Charakter dieser Temperaturverhältnisse spricht sich am deutlichsten in den Beobachtungen von Sandheim aus, weil an diesem Orte, mitten im Sandmeer gelegen und nach allen Seiten mehrere Tagreisen vom festen Boden entfernt, das an einem beliebigen Punkte eingelegte Thermometer nothwendig die normale Oberflächentemperatur geben musste, während an den anderen Punkten die benachbarten Gesteine einwirken konnten.

Quellentemperatur.

Dieselbe wurde namentlich von Herrn Hofrath Rohlfs mittelst des Pinselthermometers gemessen, die meisten sind auch andererseits bestimmt. Die Hauptresultate sind:

Bir-Keraui	19°5
Farafrah	26°
Bir-Dikker	19°5
Dachel Hauptquelle	36°
„ Bir-el-Schech-el-Kerim	35°
„ Bir-Schahabieh	33°5
„ Ain-Chalafferah	36°
Siuah Sonnenquelle	28°2
Beharieh verschiedene Quellen	30°6 28°7 23°8 21°3

Wie man sieht, sind die meisten Quellen thermal. Die Sonnenquelle von Siuah ist diejenige, von welcher im Alterthum die Sage ging, dass sie bei Tage kalt und bei Nacht warm sei.

Zur Vergleichung ziehen wir die Temperatur des Nilwassers zu. Die mittlere Temperatur desselben ist durch einmalige Beobachtung am 15. jedes Monats um 9^h Morgens während des Jahres 1872 zu 21°4 bestimmt worden. Die tiefste Temperatur war 14°2 im Januar, die höchste 28°0 im August.*)

Luftfeuchtigkeit.

Nachdem die Beziehung zwischen einer Angabe des Haarhygrometers und der entsprechenden relativen Feuchtigkeit bestimmt ist (vgl. S. 80—82), können sofort die Tagesreihen der relativen Feuchtigkeit angegeben werden. Die folgende Tafel enthält diese Resultate. Die Beobachtungen von Bir-Keraui und Farafrah sind nicht mit dem Haarhygrometer, sondern unmittelbar nach der August'schen Methode gemacht, sie sind aber wegen der Umständlichkeit des beständigen Feuchthaltens der einen Thermometerkugel lückenhafter als die übrigen Beobachtungen, weshalb die graphische Interpolation hier nicht ohne einige Willkür möglich war. Die Berechnung ist nach den später angegebenen Formeln gemacht. Von Dachel an sind alle aufgeführten Werthe durch das Haarhygrometer nach der Reductionstafel auf S. 82 gewonnen.

*) Wir entnehmen diese und mehrere andere Resultate einer Mittheilung von Hann in der von demselben redigirten Zeitschrift der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie, 1875, S. 60. Es sind daselbst von Hann die Originalbeobachtungen verarbeitet, welche eine officielle statistische Publikation über Egypten: „Ministère de l'Intérieur; Statistique de l'Egypte. Année 1873. Le Caire 1873." aus den Jahren 1868—1871 liefert. In demselben Bande dieser Zeitschrift S. 65 findet sich noch ein zweiter Aufsatz von Hann über das „Klima von Kairo", worin die Resultate der fünfjährigen Reihe meteorologischer Beobachtungen von Custos Canaval, Ingenieur Julius Franz, Prof. Dr. Reyer, Dr. Lautner-Bey und Prof. Dr. Bilharz mitgetheilt werden.

Relative Feuchtigkeit der Luft.

Zeit und Ort	Wahre Ortszeit												Mittel
	Morgen				Mittag				Abend				
	2h	4h	6h	8h	10h	12h	2h	4h	6h	8h	10h	12h	
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
28. Dec. Bir-Keraui							30	40	52	62	71	75	
29. " "	79	82											
31. " Farafrah			84	74	51	39	31	29	37	43	48	51	
1. Jan. "	53	54	52	48	41	33	25	23	30	40	51	63	43
2. " "	74	82	87	88	80	59	38	38	46				
9. Jan. Dachel								38	40	41	43	42	
10. " "	44	50	55	54	46	45	40	40	43	47	51	58	48
11. " "	67	74	81	83	76	43	40	42	42	41	42	44	56
12. " "	51	59	67	67	50	39	35	35	38	41	45	51	48
13. " "	57	64	67	66	53	38	30	27	30	33			
18. " Einsiedel I								35	41	50	57	64	
19. " "	69	71	69	62	44	31	22	20	22	27	31	34	42
20. " "	39	45	51	54	44	29	29	33	38				
23. " Einsiedel II				45	46	43	41	42	50	54	59	67	
24. " "	80	90	98	87	62	45	35	36	46				
28. " Regenfeld									41	46	48	53	
29. " "	60	67	67	52	37	27	22	20	22	26	29	31	38
30. " "	32	33	35	38	40	37	33	29	24	24	27	31	32
31. " "	35	41	46	48	48	43	39	40	44	51	60	67	47
1. Feb. "	72	78	80	64	46	35	28	24	22	25	28	29	44
2. " "	30	28	27	26	27	28	28	29	35	57	92	94	42
3. " "	94	94	92	87	89	85	76	94	98	98	98	96	91
4. " "	97	98	99	100	92	71	60	59	69	87	90	90	84
5. " "	85	78	76	74	69	59	48	44					
11. " Sandheim								26	27	33	38	44	
12. " "	50	50	43	30	22	18	17	39	50	52			
21. " Siuah				43	40	35	25	24	28	35	38	39	
22. " "	45	47	47	45	39	33	31	29	31	38	42	52	40
23. " "	64	72	74	67	54	45	37	33	33	41	46	48	51
24. " "	54	60	64	62	50	44	44	43	45	52	62	67	54
25. " "	69	69	72	80									
Mittel	61	65	67	58	52	42	35	36	40	46	52	56	51

Wenn man Mittelwerthe für den Winter bestimmen will, wird es nicht zulässig sein, die Regentage von Regenfeld mit gleichem Gewicht aufzunehmen, weil auf 31 Beobachtungstage 2 Regentage jedenfalls nicht durchschnittlich kommen. Wir lassen deswegen vorerst die 3 Tage 2.—4. Februar ganz ausser Rechnung, der 3. und 4. Februar waren Regentage, der 2. Februar ist insofern ganz abnorm, als das sonst regelmässige Maximum in der Nacht vom 1.—2. Februar fast ganz verschwindet. Mit Ausscheidung dieser 3 Tage erhält man die Mittel:

	2^h	4^h	6^h	8^h	10^h	12^h	2^h	4^h	6^h	8^h	10^h	12^h	Mittel
%	59	63	66	56	49	39	33	33	37	41	46	50	48

Um nun den 3 abnormen Tagen halbes Gewicht zuzutheilen, hat man aus den letzteren Zahlen und aus den Mitteln der Tafel auf S. 130 nochmals das Mittel zu nehmen und erhält:

													Mittel
%	60	64	66	57	51	40	34	35	39	43	49	53	49

Diese Zahlen sind nicht merklich verschieden von denjenigen, welche man ohne Ausscheidung irgend welcher Art erhalten hat, weshalb die Annahme halber Gewichte für die 3 besonderen Tage trotz der nicht zu vermeidenden Willkür jedenfalls keine Bedenken erregt. Wir betrachten die letzten Zahlen als endgültiges Resultat, dessen graphische Darstellung auf Tafel VI gegeben ist.

Man entnimmt daraus, dass das einfache arithmetische Mittel der 4 Beobachtungen vor Sonnenaufgang, 9^h Vormittags, 3^h Nachmittags und nach Sonnenuntergang auf etwa 1% genau als wahres Tagesmittel genommen werden darf, dagegen ist das Mittel aus Morgen- und Abendbeobachtung allein zur Reduction auf das Tagesmittel um 3 zu verkleinern. Die Monatsmittel der Morgen- und Abendbeobachtungen sind nach S. 103—106 die folgenden:

Monat	Morgen	Abend	Mittel
13.—31. December	84%	53%	68.5
Januar	60	41	50.5
Februar	75	45	60.0
März	53	31	42.0
Mittel	66.5	41.5	54.0
Reduction auf das Tagesmittel			— 3.0
Wahres Tagesmittel			51%

oder fast dasselbe was aus den 25 vollen Tagesreihen erhalten worden ist. Man hat daher im Mittel das Resultat:

Relative Feuchtigkeit in der libyschen Wüste im Winter = 50%.

Zur Berechnung des Dunstdrucks hat man die August-Regnault'schen Formeln:

Wenn T und t die Angaben des trockenen und nassen Thermometers sind, ferner B der Barometerstand und e der Dunstdruck in Millimetern, so ist für Temperaturen über Null:

$$e = e' - \frac{0.480\,(T-t)\,B}{610-t}$$

wo e' der der Nasskälte t entsprechende Druck gesättigten Wasserdampfes ist. Die relative Feuchtigkeit f ist sodann das Verhältniss des Dunstdruckes e zu demjenigen Druck, welcher der Temperatur des trockenen Thermometers entsprechen würde. In unserem Falle kann vollständig genügend genau für B der Mittelwerth 755^{mm} genommen werden, welchen auch die Jelinek'schen Psychrometertafeln angenommen haben, man kann daher e und f einfach nach diesen Tafeln bestimmen ohne Barometercorrection, umgekehrt kann man auch mit Hilfe dieser Tafeln zu irgend welchen 2 Werthen f und T den Dunstdruck e finden. Auf diese Weise finden wir mit Zuziehung der bereits früher berechneten Lufttemperaturen (S. 111) folgende Werthe des Dunstdrucks e in Millimetern für die angenommenen 12 Stunden:

	2^h	4^h	6^h	8^h	10^h	12^h	2^h	4^h	6^h	8^h	10^h	12^h	Mittel
mm	4.4	4.2	4.1	4.3	5.4	5.4	5.2	5.2	4.7	4.4	4.5	4.2	4.6

Die hiernach gezeichnete Curve (Tafel VI) hat einen ausgesprochen continentalen Charakter.

Auch der Mittelwerth 51% der relativen Feuchtigkeit, welcher oben nach den Morgen- und Abendbeobachtungen des Rohlf'schen Tagebuches berechnet worden ist, gestattet mit Zuziehung der aus eben diesem Tagebuch zu berechnenden mittleren Lufttemperatur 12°2 (vgl. S. 124) einen Mittelwerth des Dunstdruckes zu bestimmen, nämlich 5.4^{mm}, was von dem auf anderem Wege gewonnenen Resultat 4.6^{mm} nicht mehr abweicht, als zu erwarten war. Man hat daher für die Luftfeuchtigkeit im Mittel die Resultate für den Winter in der libyschen Wüste:

Relative Feuchtigkeit = 50%
Dunstdruk (absolute Feuchtigkeit) = 5.0^{mm}.

Der Dunstdruck 5.0^{mm} entspricht dem Thaupunkt 1°2, was vollkommen mit dem geringen wässerigen Niederschlag stimmt.

Das Wassergewicht findet man in Grammen pro Cubik-Meter ausgedrückt durch

$$W = 1.057\, e\, (1 - 0.00366\, t)$$

wobei e der Dunstdruck in Millimetern und t die Lufttemperatur ist. Mit $e = 5.0$ und $t = 12^0$ erhält man daraus

$W = 5.05$ Gramm Wasserdampf in 1 Kubikmeter.

Zur Vergleichung stellen wir noch die Monatsmittel der relativen Feuchtigkeit und des Dunstdruckes in Kairo, wie sie nach den mitgetheilten Originalbeobachtungen von Ismael-Bey berechnet wurden, zusammen.

Relative Feuchtigkeit in Kairo.

Monat	Mittlere Ortszeit								Mittel
	3^h	6^h	9^h	12^h	3^h	6^h	9^h	12^h	
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
December 1873	81	84	73	56	49	59	69	77	69
Januar 1874	80	84	68	53	48	62	69	76	67
Februar "	78	81	58	43	37	51	68	75	61
März "	81	88	59	46	42	52	66	75	63
Mittel	80	84	64	49	44	56	68	76	65

Dunstdruck in Kairo.

Monat	Mittlere Ortszeit								Mittel
	3^h	6^h	9^h	12^h	3^h	6^h	9^h	12^h	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
December 1873	7.6	7.8	8.1	8.4	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
Januar 1874	7.2	7.2	7.6	7.6	7.3	7.5	7.5	7.4	7.4
Februar "	6.4	6.1	6.3	5.9	5.4	6.1	6.7	6.6	6.1
März "	7.0	6.8	7.8	7.1	6.7	6.7	7.2	7.3	7.1
Mittel	7.0	7.0	7.4	7.2	6.8	7.0	7.3	7.3	7.1

Auch hiefür sind graphische Darstellungen auf Tafel VI gegeben.

Der Dunstdruck 7.1^{mm} entspricht einem Thaupunkt von 6°2 und mit der entsprechenden Lufttemperatur 13° (vgl. S. 116) berechnet man ein Dunstgewicht von 7.1 Gramm pro Kubik-Meter.

Ueber die Feuchtigkeitsverhältnisse von Unteregypten während des ganzen Jahres gibt Hann in der Zeitschrift der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie, 1875, S. 69 (vgl. oben S. 129), folgende Auskunft:

„Die Luft ist zu Kairo sehr trocken, selbst im Monatmittel sinkt die Feuchtigkeit um 2 Uhr Nachmittags auf 26—28% der Sättigung herab. Am trockensten ist die Luft im Mai, wo noch öfter die heissen continentalen Südwinde zu wehen pflegen, im Juni mit dem Eintritt des Seewindes und der Nilüberfluthung beginnt die Feuchtigkeit wieder zu steigen. In den Morgenstunden ist selbst im Mai die Luft ziemlich feucht und im Winter sogar sehr feucht, Nebel sind dann in Folge der starken Wärmestrahlung im Nilthale häufig. Aber schon in wenigen Stunden Entfernung vom Nil soll die Zunahme der Trockenheit der Luft fühlbar sein. Die Feuchtigkeitsverhältnisse von Unteregypten sind aus folgender Tafel zu ersehen.

Relative Feuchtigkeit in Unteregypten. (Wahre Mittel.)

Jahreszeit	Ort			
	Port-Said	Ismailia	Suez	Kairo
	%	%	%	%
Winter	73	76	68	70
Frühling	70	65	55	52
Sommer	72	60	52	51
Herbst	70	71	62	70
Jahr	71	68	59	61
Trockenster Monat	April 69	Juni 58	Mai 49	Mai 45

Niederschläge.

Es hatte sich bei uns Allen das Vorurtheil mehr oder weniger festgesetzt, dass es in der libyschen Wüste nicht regnet, wir waren deshalb äusserst überrascht, als am 3. und 4. Februar auf der Station „Regenfeld" wirklicher andauernder Regen fiel.

Am 1. Februar notirte ich als Merkwürdigkeit „2 Regentropfen" und am 2. Februar Morgens „etwa 30 Regentropfen auf 1 □Decimeter", Nachmittags donnerte es einmal schwach und Abends entwickelte sich ein schwacher aber stetiger Regen, was mich veranlasste, eine metallene Schüssel mit kreisrunder Auffangfläche von 30^{cm} Durchmesser als Regenmesser auszustellen. Das darin gesammelte Wasser wurde am Morgen des 3. Februar in einem cylindrischen Becher von 8.0^{cm} Durchmesser zusammengegossen und lieferte hier 19^{mm} Höhe, es ist also die Regenhöhe der Nacht vom 2.—3. Februar $= \left(\frac{8}{30}\right)^2 19^{mm} = 1.4^{mm}$. Im Laufe des Tages vom 3. Februar wurden in gleicher Weise 29^{mm} in dem Becher gesammelt, entsprechend 2.1^{mm} Regenhöhe. Die Hauptmenge fiel aber in der Nacht vom 3. bis 4. Februar, nämlich der Becher füllte sich aus der Schüssel auf 172^{mm} Höhe, was 12.2^{mm} Regenhöhe gibt. Endlich lieferte der Vormittag des 4. Februar noch 5^{mm} Höhe in dem Becher $= 0.4^{mm}$ Regenhöhe. Man hat also in Zusammenstellung:

Nacht vom 2. bis 3. Februar	Regenhöhe	= 1.4^{mm}
Am 3. Februar von Morgen bis Abend	„	= 2.1
Nacht vom 3. bis 4. Februar	„	= 12.2
Vormittag des 4. Februar	„	= 0.4
	Summe	= 16^{mm}

Der Dünensand wurde 12^{cm} tief in einer scharf abgesonderten Schichte durchfeuchtet (für unsere Wasservorräthe wurde durch diesen Regen kein nennenswerther Gewinn erzielt, weil die Hauptmenge unvermuthet in der Nacht fiel [v. 3.—4. Febr.] und weil viel zu wenig Auffanggefässe vorhanden waren).

Aus eigener Anschauung kann ich nur noch von 2 schwächeren Regen berichten; am 25. Februar nach dem Ausmarsch aus Siuah regnete es mehrere Stunden lang schwach, es mag die Regenhöhe etwa 2—3^{mm} betragen, und am 4. März beim Durchziehen des Bahr-bela-ma wurde der Serirboden durch Regen auf $^1/_2$—1^{cm} Tiefe durchnässt, wofür man 1—2^{mm} Regenhöhe schätzen kann. Es mag also der in dem Winter 1873—1874 in der libyschen Wüste gefallene Regen ungefähr 20^{mm} betragen. Von wässerigen Niederschlägen wurde ausserdem einige mal Thau beobachtet. Z. B. am Morgen des 24. Januar auf der Station Einsiedel II war mein Zelt von Thau vollständig durchnässt. Am 24. December vor Sonnenaufgang war Reif niedergeschlagen. In Dachel fiel am Anfang Februar auch Regen, aber weniger als in Regenfeld. Herr Remelé berichtet hierüber Folgendes:

„Von Montag den 2. Februar Abends bis zum anderen Morgen fielen in einen viereckigen Eimer, dessen Fläche 18^{cm} im Quadrat = 324 □^{cm} ist, 160 Gramm Wasser. Am 3. Februar, in der Zeit von 11^h 45^m bis 12^h 5^m, in welcher der Regen anscheinend am stärksten war, fielen in ein Porzellanschüsselchen, dessen obere Fläche 39 □^{cm} war, 8 Gramm Wasser. Das Wasser war aus dem Schüsselchen vermittelst eines angefeuchteten Schwammes sehr sorgfältig aufgesogen und letzterer auf einer genauen Waage gewogen worden. Der am anderen Tage wieder beginnende Regen wurde nicht bestimmt, weil derselbe zu unbedeutend war."

Nach diesen Angaben berechnet sich die Regenhöhe in der Nacht vom 2.—3. Februar = 4.9^{mm} und über Mittag des 3. Februar = 2.0^{mm}. Es wird nicht zu viel sein, wenn man den Gesammtregen in Dachel zu 10^{mm} Höhe schätzt.

Ueber die Häufigkeit solcher Regenfälle wurden die widersprechendsten Angaben gemacht. Ascherson schreibt: „Am glaubwürdigsten erschien mir nach der Aussage des Schech-el-beled, dass Regenfälle wie der berichtete alle 2—3 Jahre, mitunter auch bedeutend stärkere vorkämen", und: „Auffällig war, wie wenig Eindruck das immerhin seltene Ereigniss auf die Eingeborenen machte."

Als Maassstab für die Regenmenge kann übrigens noch die Bauart der Häuser dienen. Dieselben sind, wie im Nilthal, fast ganz aus lufttrockenen Backsteinen von schwachem Lehmgehalt errichtet; nur an wenigen Sockeln und Thüren findet man gebrannte Steine. Das Dach wird durch horizontal übergelegte Palmstämme mit einer Lage von Palmrippen und Lehm gebildet. Unser Haus war eines der solidesten der Oase, mit Mauern von 50^{cm} Dicke in mehreren Stockwerken. Gegen dauernde Nässe würden die Mauern keine Widerstandskraft haben, und schwächere Theile werden durch jeden Regen zerstört, so berichtet Ascherson, dass am Morgen des 3. Februar das Dach eines angebauten Eselstalles

mit heftigem Krachen einstürzte. Von früheren Regengüssen zeigte das Haus deutliche Spuren. Häufig wiederkehrende stärkere Regen müssten die Bewohner zur Aufführung von Steinmauern, wie in Palästina, zwingen.

In den meisten übrigen Oasen wurde bei allen späteren Nachforschungen kein Regen berichtet; in Beharieh erklärte der Mudir auf's Entschiedenste unter Hinweis auf die Lehmmauern der Häuser: „matar mafisch!" (Kein Regen!) In Farafrah soll es etwas geregnet haben.

Vom Winter 1819—1820 berichtet Cailliaud folgende Niederschläge (Cailliaud IV S. 59—69):

12. December Siuah: Schwacher Regen.

23. „ eine Tagreise östlich von Siuah: Schwacher Regen während 6 Stunden der Nacht.

4. Januar Beharieh: Abends einige Regentropfen.

15.—22. März auf dem Nil 3 mal: Einige Regentropfen.

Im Winter 1819—1820 hat es also in der Wüste weniger geregnet als im Winter 1873—1874. Versteht man unter schwachem Regen („petite pluie") einen solchen von nur wenigen Millimetern Höhe, so erhält man als Mittelwerth der zwei Jahre, für welche überhaupt Angaben vorliegen, etwa 10—15^{mm} Regenhöhe.

Zur Vergleichung mit Unteregypten erlauben wir uns, die betreffenden von Hann gesammelten und in der Zeitschrift der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie, 1875, S. 70, veröffentlichten Resultate zu citiren.*)

Regen fällt in Kairo selten, ist meist nur schwach und von kurzer Dauer. Ich habe in die Tabelle jene Tage nicht als Regentage aufgenommen, wo in den Tagebüchern bemerkt stand „wenige Tropfen". Die eigentliche Regenzeit, wenn man so sagen darf, ist der Winter; von den 13 Regentagen des Jahres kommen 9 auf die Monate December bis Februar. Fünfjährige Messungen von Destouches ergaben als mittlerere Niederschlagsmenge des Jahres 34.0^{mm} an 12 Regentagen; im Jahre 1835 fielen als grösste Jahresmenge 59.9^{mm}; 1839 hingegen 7.9^{mm}. Jomard-Bey gibt an, dass im Januar 1799 an mehreren Tagen Regen fiel, am 15. von Morgen bis Abend, und nach Pruner-Bey gab es im April 1832 drei aufeinanderfolgende Regentage.

Noch seltener als der Regen sind die Gewitter. In den 5 Jahren 1857—1861 finde ich im Ganzen fünf mal Blitz und Donner aufgezeichnet: im Februar 1860, März 1867, Mai 1857 und 1860 zwei mal, im November zwei mal Wetterleuchten im Norden. Hagel fiel ein mal im Februar 1858, auch Destouches gibt in 5 Jahren ein mal Hagel an.

Jährliche Regenmenge und Zahl der Gewitter.

Ort	Alexandrien	Port Said	Ismailia	Suez	Kairo
Jahre	3	2	2	2	5
Regentage	59.3	32.0	34.0	12.0	13.3
Regenmenge	223**)	52.3	35.5	27.7	34.0^{mm}
Gewitter	3.6	4.5	11.5	4.5	1.4

*) Vergl. Seite 129.

**) Mittel aus den dreijährigen Messungen Schnepp's und den dreijährigen Thurnburn's.

Bei der enormen Grösse der Verdunstung in Folge der grossen Lufttrockenheit hat dieser geringe Betrag des Niederschlages gar keine Bedeutung für das vegetabilische Leben, das ganz auf die Bodenfeuchtigkeit und Bewässerung angewiesen ist.

Luftdruck.

Der Hauptzweck aller auf der Expedition gemachten Barometerbeobachtungen war barometrische Höhenbestimmung. Von weiterem meteorologischem Interesse sind die durchlaufenden Tagesreihen, aus denen die tägliche Periode des Barometergangs bestimmt werden kann.

Tägliche Periode des Luftdrucks.

Die Beobachtungsmethode im Allgemeinen ist schon früher S. 100 beschrieben. Gewöhnlich sind die Instrumente Naudet und Goldschmid No. 600 gleichzeitig abgelesen. Mindestens 2 Instrumente zu beobachten, schien geboten, um etwaige constante Fehler in den Temperaturcorrectionen möglichst zu eliminiren. Obgleich die Bestimmung der Temperaturcorrectionen ausführlich auf S. 88 mitgetheilt ist, scheint es doch geboten, eine Tagesreihe in Originalbeobachtungen herzusetzen, um jedem Zweifel zu begegnen, dass die gefundenen stark periodischen Aenderungen durch die natürlich ebenfalls stark periodische Aenderung der Instrumententemperaturen entstellt wären. Die Instrumente befanden sich im Zelt in ihren Lederumhüllungen in einer hölzernen Kiste, also den starken Temperaturschwankungen der äusseren Luft einigermaassen entzogen. Die Tafel auf S. 138 gibt zuerst die Zeitangaben in Chronometerzeit und deren Reduction auf wahre Ortszeit nach S. 10, dann die Originalablesungen an Naudet und Goldschmid, bei ersterem den Stand F in Millimetern, beim zweiten in Scalentheilen der Schraube, die inneren Temperaturen für beide in C^0, endlich den wahren auf 0^0 reducirten Barometerstand Q_0, berechnet nach den Formeln von S. 91 und 92 und den Standcorrectionen nach S. 98. Ein Blick auf diese Zahlenreihen, mit Rücksicht auf die Verschiedenheit der Instrumentenconstructionen und die Unabhängigkeit der Temperaturcorrectionsbestimmungen zeigt, dass die Resultate von Temperatureinfluss genügend befreit sind, und dass das Mittel beider für den vorliegenden Zweck ausreicht, den wahren Barometerstand darzustellen.

In Siuah, woselbst das Instrument Goldschmid 600 nicht abgelesen werden konnte, sind die Tagesreihen mit den 3 Instrumenten Naudet, Goldschmid 433 und Casella 1640 gemacht, wovon dem ersteren bei der Mittelbildung ein grösseres Gewicht als den übrigen gegeben wurde.

Barometerbeobachtungen. Regenfeld, 29. Januar 1874.

	Chronometer		Wahre Ortszeit		Naudet F	Naudet t	Goldschmid F	Goldschmid t	Naudet Q_0	Goldschmid Q_0
					mm	°	"	°	mm	mm
	12h	10m	12h	50m	719.4	8.8	703	9	722.9	723.4
Nacht	3	15	3	55	718.3	6.5	720	7	722.2	722.2
	5	45	6	25	718.5	6.0	722	6	722.4	722.1
	6	40	7	20	718.8	8.5	715.5	8	722.4	722.6
	7	7	7	47	719.3	9.5	716.5	9	722.7	722.6
Morgen	8	15	8	55	720.0	15.8	722.3	16	722.5	722.5
	8	30	9	10	719.9	16.5	721.0	16.5	722.3	722.5
	9	3	9	43	719.8	14.5	720.5	15.3	722.5	722.6
	10	15	10	55	720.7	22.5	732.5	18.5	722.2	721.9
	10	25	11	5	720.4	21.0	735.0	19.0	722.1	721.7
	11	30	12	10	719.2	19.5	750	21.0	721.1	720.9
	11	53	12	33	719.0	19.8	757.5	21.0	720.9	720.4
	12	30	1	10	718.5	20.2	764	21	720.3	720.0
Mittag	1	15	1	55	718.1	20.2	772	21	719.9	719.5
	1	35	2	15	717.8	20.5	776.5	21.5	719.6	719.3
	2	5	2	45	717.4	20.8	783	22	719.1	718.9
	2	40	3	20	717.1	20.6	789.5	21.5	718.8	718.5
	3	25	4	5	716.8	20.5	793	21.0	718.6	718.2
	3	35	4	15	716.7	20.2	792	21.0	718.4	718.3
	4	47	5	27	716.2	17.3	794	19.0	718.4	718.1
	5	7	5	47	715.6	16.0	798.5	18.0	718.1	717.8
	6	6	6	46	715.3	13.5	795	15	718.1	717.9
	6	30	7	10	715.3	13.3	783	15	718.1	718.6
Abend	7	15	7	55	715.5	14.8	787	16	718.1	718.4
	7	45	8	25	715.6	15.3	789	16	718.1	718.3
	8	55	9	35	715.7	16.0	792	17	718.1	718.1
	9	30	10	10	715.8	16.0	786	17	718.2	718.5
	9	50	10	30	715.6	16.0	795	17	718.0	717.9
	10	30	11	10	715.7	16.0	793	17	718.1	718.0
Nacht	11	3	11	43	715.4	15.5	802	16	717.9	717.5
	11	45	12	25	715.0	15.5	803.5	16.5	717.5	717.4

Das beschriebene Material reichte hin, den ganzen Verlauf der Luftdruckänderungen graphisch darzustellen, indem auf langgestrecktem Liniennetze die Werthe Q_0 als Ordinaten zu den wahren Ortszeiten als

Abscissen aufgetragen wurden; bei Zeichnung der Luftdruckscurve wurde zugleich eine schwache auf 0.1—0.2^{mm} sich erstreckende Ausgleichung unregelmässiger Beobachtungsfehler erzielt. Aus der graphischen Darstellung lässt sich sodann für jede ganze Stunde der Barometerstand entnehmen und man hätte somit dasselbe Material für weitere Bearbeitung, welches systematisch, genau von Stunde zu Stunde, gemachte Beobachtungen geliefert haben würden. In der Tafel auf S. 139—140 sind die so gewonnenen Barometerstände mitgetheilt, im Allgemeinen nur von 2 zu 2 Stunden, jedoch ist 9^h Vormittags mit aufgenommen, weil ungefähr um diese Stunde das Hauptbarometermaximum eintritt, welches durch die Angaben für 8^h und 10^h nicht genügend ausgeprägt wäre. Diese Zahlen genügen, um die Curven, aus denen sie genommen sind, jederzeit in der Hauptsache wieder aufzutragen.

Barometerbeobachtungen.

Ort und Zeit	Wahre Ortszeit													Mittel (ohne 9^h)
	Morgen						Mittag				Abend			
	2^h	4^h	6^h	8^h	9^h	10^h	12^h	2^h	4^h	6^h	8^h	10^h	12^h	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Bir-Keraui 28. Dec.						759.1	758.6	757.7	757.2	757.1	757.9	758.4	758.1	(758.4)
„ 29. „	758.0	758.8	759.7	760.2	760.2									
Farafrah 30. „									762.1	762.2	762.5	762.7	762.5	
„ 31. „	762.0	762.0	762.4	762.8	763.1	763.2	761.9	760.8	760.2	759.9	759.9	759.9	759.6	761.2
„ 1. Jan.	759.2	759.4	759.7	760.3	760.5	760.5	759.8	759.3	758.9	758.8	758.9	759.1	759.1	759.4
„ 2. „	759.1	759.4	759.8	761.0	761.6	761.5	761.1	760.4	759.7	759.9	760.5	760.9	761.0	760.3
Dachel 9. „					756.7	756.6	755.9	754.8	754.5	754.7	755.3	756.0	755.9	(755.6)
„ 10. „	755.6	755.6	755.8	756.4	756.6	756.5	755.1	753.9	754.4	755.4	756.3	756.5	756.4	755.7
„ 11. „	756.1	755.9	756.2	757.1	757.3	757.3	756.1	754.9	754.8	755.1	756.0	756.3	755.8	756.0
„ 12. „	755.4	755.1	755.4	756.7	757.4	757.3	756.0	754.8	754.8	754.8	755.3	755.5	755.3	755.5
„ 13. „	754.7	754.7	755.6	756.2	756.5	756.4	755.5	754.0	753.8	754.1	754.3	754.8	754.8	754.9
Einsiedel I 18. „									754.7	754.9	755.1	755.1	754.8	
„ 19. „	754.4	754.2	754.3	754.9	755.7	755.7	753.8	753.0	752.8	752.9	753.1	752.5	751,9	753.6
„ 20. „	750.9	750.5	750.1	749.7	750.0	750.7	751.4	751.0	750.4	750.7				(751.6)
Einsiedel II 23. „			735.6	736.4	736.8	736.6	735.9	735.0	735.2	735.7	736.2	736.3	736.1	(735.9)
„ 24. „	735.8	735.7	735.8	737.9	738.3	738.6	738.4	737.3	737.6	737.8				(737.4)
Regenfeld 28. „										722.7	723.0	723.3	723.3	
„ 29. „	722.7	722.2	722.3	722.6	722.6	722.4	721.2	719.5	718.5	718.2	718.2	718.2	717.7	720.3
„ 30. „	716.7	716.1	716.2	718.5	719.4	719.4	718.4	718.1	718.6	719.4	719.7	720.2	720.5	718.5
„ 31. „	721.0	721.6	722.7	723.6	724.0	724.2	723.9	723.4	723.5	723.8	724.0	724.0	724.3	723.3
„ 1. Feb.	723.8	722.9	723.5	724.0	724.1	724.1	722.9	721.6	721.2	721.4	721.2	721.1	720.3	722.3
„ 2. „	719.8	719.6	719.8	720.3	721.0	721.4	721.0	719.9	719.6	719.8	721.4	722.1	722.4	720.6
„ 3. „	722.5	722.6	722.6	723.2	723.7	724.0	723.7	723.2	723.3	723.8	724.1	725.2	725.2	723.6

Ort und Zeit	Wahre Ortszeit													Mittel (ohne 9^h)
	Morgen					Mittag		Abend						
	2^h	4^h	6^h	8^h	9^h	10^h	12^h	2^h	4^h	6^h	8^h	10^h	12^h	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Regenfeld 4. Feb.	724.7	724.6	725.4	726.2	726.6	726.7	726.0	725.2	725.0	725.4	725.9	726.3	726.1	725.6
„ 5. „	725.5	725.2	725.4	726.1	726.6	726.8	726.1	725.1	725.1					(725.7)
Sandheim 11. „										747.2	747.8	748.2	748.0	
„ 12. „	747.6	747.6	748.1	748.7	748.9	749.0	748.6	747.5	747.2	747.7	748.7	749.5	749.8	748.3
Siuah 21. „				766.2	766.3	766.0	765.6	764.7	764.2	764.1	764.4	764.5	764.6	(765.1)
„ 22. „	764.2	763.8	763.8	764.7	763.8	763.8	763.7	762.1	761.5	761.7	762.0	764.0	764.7	763.3
„ 23. „	764.9	765.4	766.7	767.9	768.0	767.8	767.6	767.1	766.3	766.6	767.6	767.8	767.8	767.0
„ 24. „	768.0	768.3	768.6	769.8	770.2	770.0	768.8	767.6	767.5	767.7	767.7	767.7	767.5	768.3
„ 25. „	768.4	767.6	768.5	768.7	768.8	768.9								

Die Beobachtungen sind zu wenig zahlreich, namentlich aber zu wenig systematisch geordnet, als dass man hoffen dürfte, durch Bildung einzelner Tagesmittel und Vergleichung derselben mit den betreffenden Einzelwerthen die Tagesperiode zu erhalten, denn wenn an einem Tage der Luftdruck im Allgemeinen abnimmt, so wird die betreffende Curve im Ganzen heruntergezogen. Den Verlauf des Luftdrucks im Allgemeinen zeigen aber die Curven ebenfalls, sobald sie sich auf mehr als einen Tag erstrecken, denn wenn z. B. im Laufe der 8 Tage von Regenfeld nur die periodischen Schwankungen im Luftmeer stattgefunden hätten, so müssten die Barometerstände von Vormittags 9 Uhr gleich sein, während sie in der That sehr verschieden sind. Die Tafel IV stellt in ihrer zweiten Curve den Barometergang in Regenfeld während der Zeit vom 29. Januar bis 5. Februar dar (in $2^1/_2$fach kleinerem Maassstab als die Originalconstruction) und durch die 8 Maximalpunkte für Vormittag ist eine möglichst stetige punktirte Curve gelegt, welche als Abbild desjenigen Barometergangs gelten kann, welcher beobachtet worden wäre, wenn die regelmässige tägliche periodische Aenderung nicht bestünde. Natürlich lässt sich die punktirte Linie nicht ohne eine gewisse Willkürlichkeit, die aber dennoch bestimmte Grenzen hat, ziehen. Solche Curven liessen sich auch durch die anderen ausgezeichneten Punkte legen, z. B. durch die Minimumspunkte, welche sich etwa um 4 Uhr Abends zeigen, allein dieses Minimum, wie die zwei übrigen Culminationspunkte von 3^h Morgens und 9^h Abends ist durchaus nicht so scharf ausgeprägt wie das Maximum von 9^h Morgens.

Wenn man nun die Ordinaten der Curvenpunkte nicht mehr von einer Horizontalen, welche einem constanten Barometerstand entspricht, zählt, sondern von der punktirten, durch die Vormittagsmaxima gelegten Ausgleichungscurve, so darf man hoffen, die allgemeine Aenderung des Barometerstandes aus der Tagesperiode grösstentheils zu eliminiren. Auf diese Weise wurden nach Maassgabe der Curven von Tafel IV folgende Zahlen für Regenfeld erhalten:

Barometerstand in Regenfeld, bezogen auf das Tagesmaximum.

Tag	Wahre Ortszeit												Tagesmittel
	Morgen				Mittag				Abend				
	2^h	4^h	6^h	8^h	10^h	12^h	2^h	4^h	6^h	8^h	10^h	12^h	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
28. Jan.									1.0	0.7	0.4	0.3	
29. „	0.7	1.0	0.7	0.1	0.0	0.9	2.2	2.9	2.9	2.5	2.1	2.1	
30. „	3.1	3.4	3.3	1.0	0.1	1.2	1.9	1.8	1.3	1.3	1.4	1.6	
31. „	1.6	1.3	0.8	0.3	0.0	0.5	1.2	1.3	1.1	0.9	0.9	0.6	
1. Febr.	0.9	1.8	1.1	0.3	0.0	1.0	2.0	2.0	1.6	1.5	1.3	1.9	
2. „	2.2	2.3	1.9	1.2	0.1	0.5	1.7	2.2	2.3	1.0	0.5	0.5	
3. „	0.6	0.8	1.1	0.7	0.0	0.6	1.4	1.6	1.4	1.4	0.5	0.8	
4. „	1.5	1.8	1.2	0.5	0.0	0.7	1.6	1.9	1.5	1.0	0.6	0.8	
5. „	1.4	1.7	1.4	0.6	0.0	0.5	1.5	1.5					
Mittel	1.50	1.76	1.44	0.59	0.02	0.74	1.69	1.90	1.64	1.29	0.96	1.07	1.22
Reduction a. d. Tagesmittel	− 0.28	− 0.54	− 0.22	+ 0.63	+ 1.20	+ 0.48	− 0.47	− 0.68	− 0.42	− 0.07	+ 0.26	+ 0.15	0.00

In gleicher Weise wurde gefunden:

Barometerstand in Siuah, bezogen auf das Tagesmaximum.

Tag	Wahre Ortszeit												Tagesmittel
	Morgen				Mittag				Abend				
	2^h	4^h	6^h	8^h	10^h	12^h	2^h	4^h	6^h	8^h	10^h	12^h	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
21. Febr.					0.0	0.4	1.1	1.5	1.6	1.3	0.9	0.7	
22. „	1.0	1.2	1.0	0.0	0.8	0.8	2.3	3.0	3.1	3.0	1.4	1.3	
23. „	2.0	1.8	1.0	0.0	0.6	1.2	1.8	2.8	3.0	2.0	2.0	2.2	
24. „	2.2	2.0	1.7	0.5	0.3	1.4	2.6	2.8	2.5	2.3	2.1	2.1	
25. „	2.1	1.7	0.7	0.2	0.0								
Mittel	1.82	1.68	1.10	0.18	0.34	0.95	1.95	2.52	2.55	2.15	1.60	1.57	1.53
Bezogen a. d. Tagesmittel	− 0.29	− 0.15	+ 0.43	+ 1.35	+ 1.19	+ 0.58	− 0.42	− 0.99	− 1.02	− 0.62	− 0.07	− 0.04	0.00

Am wenigsten sicher war die Berechnung für die Station Einsiedel II wegen der kurzen Beobachtungszeit. Die Maximumscurve wurde hier nach Maassgabe der correspondirenden Station Dachel gekrümmt gezogen. Einsiedel I und II zusammen gaben:

Barometerstand in Einsiedel I und II bezogen auf das Tagesmaximum.

Tag	Wahre Ortszeit												Tagesmittel
	Morgen					Mittag			Abend				
	2^h	4^h	6^h	8^h	10^h	12^h	2^h	4^h	6^h	8^h	10^h	12^h	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
18. Jan.								1.6	1.4	1.2	1.2	1.4	
19. „	1.9	2.0	1.8	1.1	0.0	1.6	2.1	2.1	1.8	1.0	1.2	1.5	
20. „	2.0	2.0	2.0	2.2	0.6	0.4	0.9	1.8	1.8				
23. „				0.6	0.0	1.0	1.9	1.7	1.2	0.8	0.8	1.2	
24. „	1.7	2.1	2.2	0.3	0.0	0.4	1.9	1.9	1.9				
Mittel	1.87	2.03	2.00	1.05	0.15	0.85	1.70	1.82	1.62	1.00	1.07	1.37	1.38
Bezogen a. d. Tagesmittel	— 0.49	— 0.65	— 0.62	+ 0.33	+ 1.23	+ 0.53	— 0.32	— 0.44	— 0.24	+ 0.38	+ 0.31	+ 0.01	0.00

Ebenso ist Bir-Keraui mit Farafrah zusammen genommen.

Barometerstand in Bir-Keraui und Farafrah, bezogen auf das Tagesmaximum.

Tag	Wahre Ortszeit												Tagesmittel
	Morgen					Mittag			Abend				
	2^h	4^h	6^h	8^h	10^h	12^h	2^h	4^h	6^h	8^h	10^h	12^h	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
28. Dec.					0.0	0.5	1.5	2.2	2.4	1.7	1.3	1.6	
29. „	1.9	1.1	0.3	0.0									
30. „									1.8	1.5	1.2	1.4	
31. „	1.9	1.8	1.3	0.6	0.0	1.0	1.8	2.0	2.0	1.6	1.4	1.4	
1. Jan.	1.6	1.4	1.0	0.3	0.1	0.7	1.2	1.5	1.6	1.5	1.4	1.5	
2. „	1.7	1.7	1.5	0.5	0.2	0.7	1.7	2.5	2.4	1.9	1.4		
Mittel	1.78	1.50	1.02	0.35	0.08	0.72	1.55	2.05	2.04	1.64	1.34	1.47	1.30
Bezogen a. d. Tagesmittel	— 0.48	— 0.20	+ 0.28	+ 0.95	+ 1.22	+ 0.58	— 0.25	— 0.75	— 0.74	— 0.34	— 0.04	— 0.17	0.00

Der einzelne Tag in Sandheim musste wegen Unsicherheit der Maximumscurve unbenützt bleiben. Dachel hat einen so regelmässigen Verlauf, dass ausser den Angaben von S. 139 kein weiterer Berechnungsnachweis nöthig schien. Die sämmtlichen so erhaltenen Resultate sind die folgenden:

Mittlerer Barometerstand bezogen auf das Tagesmittel (± über oder unter dem Mittel).

Ort und Zeit	Zahl d. Beob.-Tage	Wahre Ortszeit Morgen 2h	4h	6h	8h	10h	Mittag 12h	2h	4h	Abend 6h	8h	10h	12h
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Bir-Keraui und Farafrah 28–29. Dec., 30. Dec.—2. Jan.	4	—0.48	—0.20	+0.28	+0.95	+1.22	+0.58	—0.25	—0.75	—0.74	—0.34	—0.04	—0.17
Dachel 9.—13. Jan.	4	—0.24	—0.36	+0.09	+1.04	+1.26	+0.18	—0.98	—1.02	—0.64	+0.08	+0.44	+0.19
Einsiedel I und II 18.—20. Jan. und 23.—24. Jan.	4	—0.49	—0.65	—0.62	+0.33	+1.23	+0.53	—0.32	—0.44	—0.24	+0.38	+0.31	+0.01
Regenfeld 28. Jan. bis 5. Febr.	8	—0.28	—0.54	—0.22	+0.63	+1.20	+0.48	—0.47	—0.68	—0.42	—0.07	+0.26	+0.15
Siuah 21.—25. Feb.	4	—0.29	—0.15	+0.43	+1.35	+1.19	+0.58	—0.42	—0.99	—1.02	—0.62	—0.07	—0.04
Mittel		—0.34	—0.41	—0.02	+0.82	+1.22	+0.47	—0.48	—0.76	—0.58	—0.12	+0.19	+0.05

Die entsprechenden 5 Curven sind auf Tafel V gezeichnet und die Curve für das Mittel findet sich auf Tafel VI.

Wie der Anblick der Curven zeigt, ist die Aufstellung einer periodischen Funktion zum Zweck der Ausgleichung nicht nöthig. Eine Aenderung der Periode im Laufe des Winters kann hieraus nicht constatirt werden. Die Amplitude beträgt 2.1mm.

Der tägliche Gang des Luftdrucks in Kairo wird für die Wintermonate durch folgende Monatsmittel der Beobachtungen von Ismael-Bey dargestellt.

Luftdruck in Kairo.

Monat	Mittlere Ortszeit Morgen 3h	6h	9h	Mittag 12h	3h	Abend 6h	9h	12h	Tagesmittel
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
December 1873	761.8	761.7	761.8	761.6	761.2	761.4	762.1	762.1	761.71
Januar 1874	761.3	761.0	761.2	760.9	760.2	760.4	760.8	761.1	760.86
Februar „	762.0	761.9	762.1	761.8	761.4	761.2	761.6	761.9	761.74
März „	760.5	760.2	760.5	760.3	759.7	759.8	760.3	760.6	760.24
Mittel	761.40	761.20	761.40	761.15	760.62	760.70	761.20	761.42	761.14
Bezogen auf das Tagesmittel	+ 0.26	+ 0.06	+ 0.26	+ 0.01	— 0.52	— 0.44	+ 0.06	+ 0.28	

Die entsprechende Curve ist auf Tafel VI gezeichnet.

Die jährliche Periode des Barometers ergibt sich aus den 6jährigen Monatsmitteln der Barometerbeobachtungen von Ismael-Bey wie folgende Zusammenstellung zeigt, welche zugleich in der vorletzten Spalte das Resultat einer Ausgleichung enthält.

Luftdruck in Kairo.

Monat	1868	1869	1870	1871	1872	1873	Mittel	Ausgeglichen	1874
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Januar	761.73	761.63	760.91	761.21	761.53	763.21	761.70	762.21	760.9
Februar	761.28	762.09	760.86	762.07	762.60	761.53	761.74	761.06	761.7
März	758.39	755.70	755.48	760.73	758.37	757.05	757.62	758.35	760.2
April	758.45	758.37	758.71	757.19	758.00	758.13	758.14	757.54	
Mai	757.21	756.67	756.64	756.82	757.84	757.71	757.15	757.49	
Juni	754.78	755.86	755.58	756.55	757.13	754.59	755.75	755.74	
Juli	753.56	754.68	752.85	753.27	754.87	757.74	754.49	754.26	
August	754.18	754.54	753.38	754.27	754.36	755.67	754.40	754.80	
September	756.71	756.63	757.37	758.05	756.57	757.29	757.10	756.74	
October	758.08	760.48	756.66	758.89	759.70	759.59	758.90	759.10	
November	760.89	761.26	761.12	760.32	759.94	759.51	760.51	760.53	
December	762.62	761.65	761.00	761.77	760.99	761.65	761.61	761.34	
Mittel	758.15	758.30	757.79	758.42	758.49	758.63	758.26	758.26	

Die 6jährigen Mittel wurden einer Ausgleichung unterworfen und damit die normale Abweichung w des Barometerstandes vom Jahresmittel 758.26 dargestellt durch die Interpolationsformel:

$$w = 3.452 \sin(96^\circ 53' + \varphi) + 0.602 \sin(184^\circ 17' + 2\varphi) + 0.666 \sin(55^\circ 55' + 3\varphi) + 0.249 \sin(4^\circ 13' + 4\varphi)$$

wobei $\varphi = 0, 30^\circ, 60^\circ \ldots$ der Mitte der Monate Januar, Februar, März ... entspricht. Die Quadratsumme der übrig bleibenden Abweichungen beträgt 2.196 und die mittlere Abweichung eines einzelnen Monatsmittels vom normalen Mittel ist $\pm 0.86^{mm}$. (Mit Weglassung des letzten Gliedes erhält man die Quadratsumme 2.58 und den mittleren Fehler $\pm 0.72^{mm}$.)

Nach dieser Formel sind die Werthe der vorletzten Spalte (Ausgeglichen) berechnet. Die Abweichungen der Monatsmittel des Winters 1873—1874 von den normalen Monatsmitteln sind:

December 1873	Januar 1874	Februar 1874	März 1874
$+0.3^{mm}$	-1.3^{mm}	$+0.6^{mm}$	$+1.8^{mm}$

Die Vergleichung mit den übrigen Abweichungen zeigt, dass in diesem Winter keine aussergewöhnlichen Störungen im Gleichgewicht der Atmosphäre vorgekommen sind.

Die Höhe der meteorologischen Station über dem Meer ist 33 Meter*) und mit Zuziehung der Lufttemperaturen von S. 116 kann man hiernach die Reduction der Barometerstände auf den Meeresspiegel berechnen. Die Reduction beträgt im Mittel 2.89^{mm} und die reducirten Barometerstände sind die folgenden:

Normaler Barometerstand von Kairo, auf den Meeresspiegel reducirt.

1. Januar	764.8^{mm}	1. Mai	760.4^{mm}	1. September	758.5^{mm}
15. "	765.2	15. "	760.3	15. "	759.6
1. Februar	764.9	1. Juni	759.7	1. October	760.9
15. "	764.0	15. "	758.6	15. "	762.0
1. März	762.6	1. Juli	757.6	1. November	762.8
15. "	761.3	15. "	757.1	15. "	763.4
1. April	760.7	1. August	757.2	1. December	763.9
15. "	760.4	15. "	757.6	15. "	764.3
1. Mai	760.4	1. September	758.5	1. Januar	764.8

Jahresmittel 761.2^{mm}.

Die Amplitude der Jahresperiode ist 8.1^{mm}.

Der mittlere Barometerstand der Expeditionsmonate December bis März findet sich hieraus $= 763.9^{mm}$.

Wegen der später auszuführenden Berechnung unserer barometrischen Höhen citiren wir hier noch einige andere Barometerbeobachtungen von Nachbarorten.

Buchan**) gibt die Monatsmittel der Jahre 1866—1868 für die Stationen Suez, Ismailia und Port-Said. Die Beobachtungszeiten waren 6^h 9^h 12^h 3^h 6^h 9^h, es fehlten also 9 Nachtstunden, weshalb man die angegebenen Mittel vorerst nicht als wahre Mittel nehmen darf. Unter der Annahme, dass die oben gefundene Kairoer Tagesperiode (S. 143) auch für den Sommer Gültigkeit habe, findet man daraus, dass man den von Buchan mitgetheilten Monatsmitteln noch eine Correction von $+0.1^{mm}$ zuzufügen hat, um sie auf wahre Mittel zu reduciren. Wenn man dieses thut, auch die Reduction auf's Meer nach den angegebenen Höhen zufügt (sie beträgt für Suez $+0.5^{mm}$, für Ismailia $+0.7^{mm}$ und für Port-Said $+0.3^{mm}$), so erhält man folgende Resultate (mit Reduction der englischen Zolle auf Millimeter):

*) Vergl. das Folgende.

**) The Mean Pressure of the Atmosphere and de Prevailing Winds over the Globe, for the Months and for the Year. In der Zeitschrift Transactions of the Royal Society of Edinburgh, Vol. XXV (1869) S. 606 und 607.

Luftdruck am Suez-Canal auf das Meer reducirt.

Ort	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jahr
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Suez	765.0	765.8	761.0	761.1	760.1	759.2	757.2	757.8	759.9	762.6	764.6	764.4	761.6
Ismailia	764.4	764.8	760.2	760.8	760.1	758.3	756.0	756.4	758.9	761.9	763.8	763.4	760.8
Port-Said	764.4	765.0	760.7	761.1	760.0	758.7	756.6	757.2	759.7	762.0	763.7	763.5	761.0

Die Mittel der 4 Expeditionsmonate December bis März sind:

	für Suez	Ismailia	Port-Said
Mittel Dec.—März	764.0mm	763.2mm	763.4mm

Buchan gibt ferner für Aden und Massua Barometerstände, bei den ersteren sind keine Beobachtungszeiten genannt, bei letzteren waren dieselben 9^h und $3^1/_2{}^h$. Ohne Rücksicht auf die tägliche Periode, jedoch mit Reduction auf das Meer erhalten wir:

	Aden	Massua
December	764.7mm	763.5mm
Januar	763.0	764.5
Februar	763.5	762.4
März	761.8	761.0
Mittel	763.2	762.8

In gleicher Weise erhalten wir für 4 Stationen in Algier:

	La Calle	Dellys	Algier	Djidjilly
December	763.7mm	763.7mm	766.1mm	763.1mm
Januar	762.2	762.9	765.1	762.8
Februar	763.4	764.2	765.5	764.0
März	758.5	760.7	761.7	757.6
Mittel	761.9	760.4	764.6	764.4

Die von Buchan mitgetheilten Zahlen für Tripolis lassen sich leider wegen Mangels der Höhe über dem Meer für unsere Zwecke kaum verwerthen. Abgesehen hievon und von etwaiger Correction wegen Tagesperiode sind dieselben:

Tripolis December 763.7^{mm} Januar 765.5^{mm} Februar 761.8^{mm} März 760.1^{mm}
Mittel 762.8^{mm}.

Es ist kaum denkbar, dass der Beobachtungspunkt in Tripolis höher als 20^{m} über dem Meer liegt, wir nehmen daher als Schätzungswerth der Barometerreduction etwa 1^{mm} und haben in runder Zahl das Barometermittel in Tripolis für December bis März, auf das Meer reducirt = 764^{mm} oder nahe dasselbe wie in Kairo nnd Port-Said.

Wind.

Aus den Angaben des Rohlfs'schen Tagebuches (S. 103—106) bilden wir folgende Zusammenstellung der beobachteten Windrichtungen:

Monat	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Summe
December	19	2	1	0	0	3	9	33	67
Januar	7	3	1	7	0	6	22	26	72
Februar	17	3	8	2	3	1	16	17	67
März	39	6	2	14	7	2	2	30	102
Summe	82	14	12	23	10	12	49	106	308
%	27	5	4	7	3	4	16	34	100

Durch Projection auf zwei Hauptaxen erhält man die mittlere Windrichtung 325° von N über E oder ungefähr N W. Windstille ist unter 436 Fällen 128 mal notirt, was 29% ausmacht. Der Winter ist im Allgemeinen in der Wüste stürmisch. Auf die Windstärke wurde bei dieser Mittelbildung keine Rücksicht genommen.

Cailliaud hat auf seiner Reise in die libysche Wüste im Winter 1819—1820 ebenfalls Windrichtungen beobachtet und wir bilden aus den Angaben seines Tagebuchs (IV S. 58—68) folgende Windtabelle für die in der Wüste selbst, vom 12. November bis 12. März zugebrachte Zeit.

Windbeobachtungen von Cailliaud (1819—1820).

Monat	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Summe
November	27	0	0	0	0	0	1	0	28
December	5	0	0	2	2	1	18	9	37
Januar	8	4	2	0	0	5	14	3	36
Februar	26	2	4	0	0	0	4	8	44
März	4	1	4	0	0	3	2	1	15
Summe	70	7	10	2	2	9	39	21	160
%	44	4	6	1	1	6	25	13	100

Die mittlere Windrichtung wird fast genau wie in unserem Fall, nämlich 330°, obgleich die sonstige Vertheilung einigermassen differirt.

Aus den Rohlfs'schen Aufzeichnungen auf seiner Reise von Tripolis über Siuah nach Alexandrien*) finden wir:

Ort und Zeit		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Summe
Tripolis, December 15.—31.	1868	1	0	0	0	0	7	21	10	39
Tripolis, Januar	1869	26	3	10	2	3	4	19	24	91
Tripolis und Meer, Februar	„	25	9	2	6	5	1	29	20	97
Bengasi und Barka, März	„	7	1	2	15	22	12	52	8	119
Bengasi bis Siuah, April	„	17	3	15	15	15	3	22	29	119
Siuah bis Alexandrien Mai	„	51	5	18	5	9	0	8	4	100
Summe December bis März		59	13	14	23	30	24	121	62	346
%		17	4	4	6	9	7	35	18	100

Mittlere Windrichtung in der Zeit von December bis März = 289°.

Aus **Buchan****) S. 626 finden wir für Alexandrien:

*) Rohlfs, von Tripolis nach Alexandrien, Bremen 1871. Tabellen im Anhang.

**) Vgl. d. Citat auf. S. 145.

Häufigkeit der Winde in Alexandrien.

Monat	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Summe
December	2	1	0	3	2	11	6	6	31
Januar	2	3	2	2	3	8	6	5	31
Februar	4	2	1	1	1	7	6	6	28
März	4	3	2	5	2	4	3	8	31
Summe	12	9	5	11	8	30	21	25	121
%	10	7	4	9	7	25	17	21	100

Mittlere Windrichtung = 268°.

Für Kairo endlich citiren wir wieder die von Hann gesammelten Resultate (Zeitschr. der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie, 1874, S. 70. Vgl. d. Citat auf S. 129).

Häufigkeit der Winde in Kairo.

Jahreszeit	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Calme	Summe
Winter	14	4	1	3	15	8	11	9	35	100
Frühling	28	9	3	2	4	4	6	18	26	100
Sommer	31	5	1	0	0	1	7	42	13	100
Herbst	30	6	0	1	2	1	3	34	23	100

Die mittlere Windrichtung für den Winter ergibt sich hieraus = 270°.

Ferner:

Mittlere Windstärke in Kairo, gezählt von 0 bis 10.

Jahreszeit	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Mittel*)
Winter	2.55	3.24	2.40	2.72	2.80	3.31	3.34	2.55	1.88
Frühling	2.84	3.51	3.80	2.57	2.70	3.89	3.31	2.56	2.19
Sommer	2.76	2.80	3.17	0.00	0.00	3.14	3.50	2.87	2.51
Herbst	2.48	3.32	0.00	2.37	2.43	3.23	2.84	2.21	1.90

*) Die Summe der Windstärken dividirt durch die Gesammtzahl der Beobachtungen.

Von den häufigen in der Wüste getroffenen Sandstürmen (welche wir nach deutschem Gebrauch Samum nannten, obgleich dieses Wort bei den Eingeborenen nicht vorkommt, sondern nur die allgemeine Bezeichnung Rihe = Wind) erwähne ich besonders den am 30. Januar auf der Station Regenfeld beobachteten. Dass am 29. und 30. Januar eine ausserordentliche Störung im Gleichgewicht der Atmosphäre stattfand, zeigt die betreffende Barometercurve auf Tafel IV. Der Wind drehte sich dabei von SW nach NW, woraus zu schliessen ist, dass ein Wirbelsturm mit linksdrehender Bewegung über uns ungefähr von West nach Ost oder von SW nach NE hinzog, dessen Centrum nördlich von uns blieb. Wir mussten die Zelte niederlegen und unter die Leinwand untergekrochen die Nacht zubringen. Vor Mitternacht legte sich der Sturm. Bei Tage, während des Sturmes, zeigte der ganze Himmel von aufgewirbeltem Sand und Staub eine dicke gelbgraue Farbe, aber trotzdem war die Sonne noch sichtbar und warf sogar zuweilen fahle Schatten. Der feine quarzige Dünensand fegte mit solcher Gewalt über die Erde hin, dass man ihm Gesicht oder Hände nicht aussetzen konnte. (Die Aufzeichnungen von Hofrath Rohlfs für diese Tage [S. 104] sind nicht auf Regenfeld, sondern auf dem Marsch von Dachel nach Regenfeld, zwei Tagreisen östlich von letzterem Punkte gemacht, es scheint, dass dort der Sturm schwächer war als auf Regenfeld.) Stürme von ähnlicher Art, jedoch schwächer, kamen häufig vor.

Ueber die stärkeren Winde in Egypten und namentlich über den Chamsin hat Hann ausführliche Mittheilungen gemacht.*)

Bewölkung.

Ueber die Art der beobachteten Wolken gibt das Rohlfs'sche Tagebuch (S. 103—106) Auskunft. Ueber den Grad der Bewölkung sind zwar keine besonderen Aufzeichnungen vorhanden, doch kann ich aus den astronomischen Beobachtungen die nöthigen Schlüsse ziehen. Dass die Bewölkung im Allgemeinen sehr gering ist, folgt schon daraus, dass ich im Laufe von 108 Tagen 23 Zeitbestimmungen und 11 Azimuthbestimmungen aus correspondirenden Sonnenhöhen, 15 Breitenbestimmungen aus Sonnenmittagshöhen, sodann 60 Breitenbestimmungen, 30 Azimuthbestimmungen durch Beobachtung des Polarsterns in der Dämmerung also 139 Beobachtungen zu ganz bestimmt vorgeschriebener Zeit machen konnte, ohne durch Wolken gehindert zu werden. Die correspondirenden Beobachtungen wurden nur zweimal etwas verkürzt, nämlich auf Einsiedel II am 23. Januar und in Siuah am 24. Februar, jedoch nur so, dass zu einem Theil der Vormittagshöhen nicht die entsprechenden Nachmittagshöhen genommen werden konnten. Die Beobachtung des Polarsterns in der Abenddämmerung wurde allerdings durch Wolken vereitelt in 9 Fällen, nämlich am 6. Januar, 6., 13. und 28. Februar, 2., 3., 4., 8. und 18. März, bedenkt man aber, dass die Dämmerungszeit nur etwa 10 Minuten beträgt, und dass in mehr als 60

*) Vgl. das Citat auf S. 129.

Fällen der Polarstern gerade zu dieser Zeit frei war, so muss auf einen sehr geringen Bewölkungsgrad geschlossen werden. Vollkommen bewölkter Himmel zeigte sich nur an 5 Tagen, nämlich an den zwei Regentagen, 3. und 4. Februar in Regenfeld und am 2.—4. März.

Zählt man also auf 108 Beobachtungstage 5 vollkommen bewölkte und 10 halbbewölkte Tage, so erhält man die durchschnittliche Bewölkung etwa 10%.

Ueber die Bewölkung in Kairo gibt Hann*) folgende Resultate:

Mit der grossen Lufttrockenheit hängt zusammen eine ausserordentliche Heiterkeit des Himmels. Selbst im Winter, der trübsten Jahreszeit, nehmen die Wolken durchschnittlich nur 30% des Himmels ein, im Sommer nur 11%. Im Winter und Frühling nimmt die Bewölkung um Mittag zu, im Sommer und Herbst ist der Morgen die trübere Tageszeit. Die Abende sind das ganze Jahr hindurch fast völlig wolkenlos. Folgende kleine Tabelle zeigt den täglichen Gang der Bewölkung zu Kairo:

Tageszeit	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
7^h Vormittag	31%	24%	28%	30%	28%
2^h Nachmittag	41	26	6	17	22
9^h „	17	8	0	6	8
Mittel	30%	19%	11%	18%	19%

Ozongehalt der Luft.

Herr Professor Zittel hat den Ozongehalt der Luft nach der Schönbein'schen Methode auf der Expedition beobachtet und hierüber folgenden Bericht erstattet:**)

Während des mehrmonatlichen Aufenthaltes in der libyschen Wüste hatte ich Gelegenheit, Beobachtungen über den Ozongehalt der Atmosphäre anzustellen.

Die Anregung zu diesen Untersuchungen erhielt ich von Professor Beetz, durch dessen gütige Vermittelung ich auch am 10. Januar zu Gassr-Dachel in Besitz einer Schachtel mit Jodkaliumstärkepapier, welche in Basel frisch hergestellt worden waren, sowie einer zehntheiligen Schönbein'schen ozonometrischen Skala gelangte.

*) S. das Citat auf S. 129.

**) Sitzungsbericht der Königl. Bayer. Akademie 1874. II. Math.-phys. Classe, 4. Juli, S. 215—230.

Meine Aufzeichnungen erstrecken sich über den Zeitraum vom 11. Januar bis 5. April. Während der Nacht konnten die Reagenzpapiere ziemlich regelmässig exponirt werden; am Tage dagegen liess sich während des Marsches kein geeigneter, vor den directen Sonnenstrahlen geschützter Ort zur Anheftung der Papierstreifen ausfindig machen, es mussten daher die Tagesbeobachtungen auf solche Stationen beschränkt bleiben, wo die Expedition längere Zeit verweilte. In der offenen Wüste wurden die Papiere Abends mittelst eines Nagels ungefähr 2 Fuss über dem Boden an einer Kiste befestigt und Sorge getragen, dass diese Kiste dem freien Luftzug möglichst ausgesetzt war. Die Exposition dauerte 12 Stunden und zwar je nach den Umständen von 6—8 Uhr Abends bis zu den gleichen Stunden am andern Morgen. Ausser den Beobachtungen in der Wüste enthält die beifolgende Tabelle noch solche aus den Oasen Dachel, Siuah, Chargeh und aus Esneh im Nilthal.

In Gassr-Dachel bewohnten wir ein an der Peripherie der Stadt gelegenes Haus; hier diente eine nach Norden gerichtete Fensteröffnung, zu welcher der Wüstenwind ungehindert Zutritt hatte, als meteorologisches Observatorium. In Siuah lag unser Wohnhaus in dem Karawanserai, einem grossen freien Platz am Fusse des Städtchens. In Chargeh hatten wir unsere Zelte in einem Palmengarten unmittelbar neben dem Dorf aufgeschlagen, und zu Esneh fanden sich auf dem Dach der zwischen Gärten am Ufer des Nils gelegenen viceköniglichen Villa geeignete Stellen zur Befestigung der Reagenzblättchen.

Während unserer Nilfahrt musste ich auf ozonometrische Beobachtungen verzichten, dagegen hatte ich Gelegenheit, während der Seereise zwischen Alexandria und Messina den Ozongehalt der Luft zu prüfen.

Zum Eintauchen der Reagenzstreifen vor dem Vergleiche mit der Skala konnte natürlich nur gewöhnliches, in der Beschaffenheit ziemlich verschiedenes Trinkwasser verwendet werden.

Den Missstand, dass die zehntheilige Schönbein'sche Skala hinsichtlich des Farbentones nicht mit dem charakteristischen Veilchenblau des Jodes übereinstimmt, habe ich oftmals unangenehm empfunden, allein abgesehen davon, dass mir die von Wernigh und Lender eingeführte 16gradige Skala nicht zur Verfügung stand, hat ihre Verwendung, wegen der erforderlichen Reductionsberechnung gegen andere Beobachtungen, welchen meist die Schönbein'sche Skala zu Grunde liegt, erhebliche Schattenseiten.

In der beifolgenden Zusammenstellung habe ich die Nachtbeobachtungen von denen am Tag geschieden; ebenso wurden die in freier Wüste angestellten gesondert von den aus den Oasen oder dem Nilthal herrührenden angeführt. Bei den innigen Beziehungen zwischen Feuchtigkeit, Windrichtung und Ozongehalt der Luft, schien es mir wünschenswerth, aus dem von Hofrath Rohlfs geführten meteorologischen Tagebuch*) die erforderlichen Daten beizufügen.

*) S. 103—106.

A. Nachtbeobachtungen.

Expositionszeit 12 Stunden.

Ort und Nacht		Ozon nach der 10theilig. Scala	Relative Luftfeuchtigkeit		Windrichtung in der Nacht	Lufttemperatur vor Sonnenaufgang	Beschaffenheit des Himmels
			Abd.	Mg.			
	1874		%	%		°	
Dachel	12./13. Januar	5.5	42	62	NW	9	klar.
„	13./14. „	4.0	35	40	NW	11	bewölkt.
„	14./15. „	4.0	34	36	N	12	„
„	15./16. „	4.0	33	50	NW	12	klar.
„	16./17. „	5.0	44	53	NW	12	„
„	17./18. „	5.5	48	57	N	10	„
„	18./19. „	5.5	41	53		9	„
„	19./20. „	4.0	32	39		13	mit Staub bedeckt.
„	20./21. „	4.0	35	45	SE	11	„ „ „
Wüste	23./24. „	8.0	44	89	W (stark)	10	klar, starker Thau.
„	24./25. „	7.5	44	60	NW	13	„ „ „
„	25./26. „	6.5	42	48	W	8	klar, Thau mässig.
„	26./27. „	6.5	41	87	W	2	klar, starker Thau.
„	27./28. „	8.0	46	85	W (stark)	1	klar.
„	28./29. „	7.0	45	80	SW	5	klar, schw. Thau.
„	29./30. „	5.0	31	35	S	12	bewölkt.
„	30./31. „		29	52	SW	5	durch Sand stark getrübt.
„	31. Jan. bis 1. Feb.	6.5	54	74	NW	1	klar.
„	1./2. Februar	4.5	35	35	W	11	sehr bewölkt.
„	2./3. „	8.0	74	87	N	11	Regen.
„	3./4. „		87	92	NW	8	„
„	4./5. „	8.5	85	90	N	4	ganz klar.
„	5./6. „	8.5	35	81	NW	2	klar, starker Thau.
„	6./7. „	8.5	81	87	NNW	2	„ „ „
„	7./8. „	8.5	81	92	NNW	— 2	schw. bew., Reif.
„	8./9. „	8.5	41	92		— 2	klar, Reif.
„	9./10. „	8.0	44	92	NNW	0	„ „
„	10./11. „	7.0	30	92		— 4	Cirruswolken.

Ort und Nacht		Ozon nach der 10theilig. Scala	Relative Luftfeuchtigkeit		Windrichtung in der Nacht	Lufttemperatur vor Sonnenaufgang	Beschaffenheit des Himmels
			Abd.	Mg.			
	1874		%	%		°	
Wüste	11./12. Februar	5.5	23	50	SW	1	schwach bewölkt.
"	12./13. "	5.5	47	47	S	5	bewölkt.
"	13./14. "	9.0	43	64	N	— 3	klar, Reif.
"	14./15. "	8.0	31	64	N	2	schwach bewölkt.
"	15./16. "	7.5	32	90	E	0	" "
"	16./17. "	8.0	39	90	E	0	klar.
"	17./18. "	8.5	35	90	E	0	klar, stark Thau.
"	18./19. "	7.5	42	81	N	4	klar.
"	19./20. "	7.5	35	81	N	4	schwach hewölkt.
Siuah	22./23. "	5.5	32	71		9	klar.
"	23./24. "	4.0	32	64	W	7	stark bewölkt.
"	24./25. "	4.0	44	76		5	etwas bewölkt.
Wüste	25./26. "	6.0	39	72	SE	4	klar.
"	26./27. "	5.5	30	42	SE	11	stark bewölkt.
"	27./28. "	7.0	50	87	W	4	klar.
"	28. Feb. bis 1. März	8.0	47	87	NW	2	"
"	1./2. März	5.0	36	51	N	6	stark bewölkt.
"	2./3. "	2.5	20	28	SE	18	" "
"	3./4. "	3.0	22	36	SE	14	" "
"	4./5. "	8.5	57	94	NW	9	klar, starker Thau.
"	5./6. "	8.0	36	85	NW	0	" " "
"	6./7. "	5.0	35	41	SE	7	klar.
"	7./8. "	5.0	24	67	SW	0	"
"	8./9. "	5.0	22	52	N	2	"
Dachel	17./18. "	4.0	35	56	N	5	"
"	18./19. "	6.0	37	52	NW	2	"
"	19./20. "	2.0	39	56	N	— 3	Sam.
Wüste	20./21. "	2.0	21	14	NW	12	st. bew. (einige Regentropfen).
"	21./22. "	5.0	27	71	NW	7	klar, etw. durch Sand getrübt.

Ort und Nacht	Ozon nach der 10theilig. Scala	Relative Luftfeuchtigkeit		Windrichtung in der Nacht	Lufttemperatur vor Sonnenaufgang	Beschaffenheit des Himmels
		Abd.	Mg.			
1874		%	%		°	
Wüste 22./23. März	4.0	24	48	NW	13	Luft durch Sand getrübt.
Chargeh 23./24. „	4.0	50	67	NW	5	klar.
„ 24./25. „	3.5	44	57	S	9	„
„ 25./26. „	3.5	30	41	S	10	„
Wüste 26./27. „	3.0	13	42	S (stark)	15	„
„ 27./28. „		28	57	N (stark)	8	Samum.
„ 28./29. „	4.5	36	62	NW	6	klar.
„ 29./30. „	4.0	23	23	NE	9	schwach bewölkt.
„ 30./31. „	4.5	23	37	NW	10	klar.
Esneh 31. März bis 1. April	3.0	34		NW		„
„ 1./2. April	3.0			NW		„
„ 2./3. „	3.0			NW		„
„ 3./4. „	3.0			NW		„
„ 4./5. „	3.0			NW		„
Auf dem Mittelmeer zwischen Alexandria und Messina						
22./23. April	7.5			NW		schön.
„ 23./24. „	8.5			NW		„

B. Tagesbeobachtungen von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang.
Expositionszeit 12 Stunden.

Ort und Tag	Ozon nach der 10theilig. Scala	Relative Luftfeuchtigkeit 3h Nachm.	Windrichtung	Lufttemperatur 3h Nachm.	Beschaffenheit des Himmels
1874		%		°	
Dachel 11. Januar	4.5	41	NW	18	
„ 12. „	3.5	32	NW	18	
„ 13. „	3.5	31	NW	21	
„ 14. „	4.0	31	NW	19	
„ 15. „	4.0	31	N	22	
„ 17. „	4.0	35	N	19	klar.
„ 18. „	4.0			19	„
„ 19. „	3.5	32		19	Schleier.
„ 20. „	4.0	38	SE	21	mit Staub bedeckt.
„ 21. „	3.0	39		19	„ „ „
Wüste 29. „	6.0			21	klar.
Siuah 23. Februar	4.0	36	W	19	Cumulus.
„ 24. „	4.0	44		18	Stratus.
Auf dem Mittelmeer zwischen Alexandria und Messina 24. April	7.5				

Die vorstehende Zusammenstellung ergibt zunächst, dass der Ozongehalt der Luft in der Wüste ein erheblich grösserer ist, als in den Oasen und im Nilthal. Meine Beobachtungen während unseres Aufenthaltes in der Wüste vertheilen sich auf vier verschiedene Zeiträume. Der erste und längste beginnt am 23. Januar und endigt am 20. Februar. Wir befanden uns während dieser Zeit zwischen den Oasen Dachel und Siuah in fast absolut vegetationslosem Gebiet. Bis zum 7. Januar bildete nacktes Gestein (nubischer Sandstein), zuweilen von Dünenketten durchzogen, den Boden der Wüste; von da an begann ein unermessliches Sandmeer, welches im Norden erst von der Oase Siuah begrenzt wird. Die Höhenlage des genannten Gebietes schwankt zwischen 0 und 450 Meter über dem Meeresspiegel und zwar bildet die zwischen dem 28. Januar und 10. Februar durchwanderte Strecke den höher gelegenen Theil der libyschen Hochebene; von hier an dacht sich dieselbe allmählig ab, um bei Siuah 30 Meter

unter den Meeresspiegel herabzusinken. Aus diesem ganzen Abschnitt liegen 26 Nachtbeobachtungen und eine Tagesbeobachtung vor (letztere ergab No. 6 der Schönbein'schen Skala); der höchste Ozongehalt (No. 9) zeigte sich in der Nacht vom 13. zum 14. Januar; der niedrigste (Nr. $4^1/_2$) vom 1. zum 2. Februar.

Als Mittel aller nächtlichen Beobachtungen ergibt sich für die genannte Periode ein Ozongehalt von No. 7.3 der Schönbein'schen Skala.

Der zweite Wüstenaufenthalt fällt zwischen den 25. Februar und 9. März. Vom 25. Februar bis 5. März folgten wir von Siuah nach Beharieh bis zum Salzsee von Sitra einer Karawanenstrasse, welche sich durch eine steinige, hie und da mit dürftiger Vegetation bedeckte Depression hinzieht. Von da bis Farafrah kreuzten wir ein fast ganz steriles wasserloses Kalksteinplateau. Während dieser Zeit zeigten die Papierstreifen ein einziges mal die Färbung zwischen 8 und 9; andererseits sank die Reaction einmal bei starkem Südostwind auf nicht ganz No. 4 der Skala herab. Aus 12 Nachtbeobachtungen ergab sich eine Mittelnummer 5.7.

Zwischen den Oasen Dachel und Chargeh befindet sich ein steiniges, bis 500 Meter hohes Wüstenplateau mit höchst sporadischer Vegetation, welches wir zwischen dem 20. und 23. März durchwanderten. Meine 3 von Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang exponirten Ozonpapiere ergaben No. 2, 5 und 4, also ein Mittel von 3.66. Einen etwas höheren Gehalt an Ozon schien die Luft an den letzten Tagen im März auf dem Plateau zwischen Chargeh und dem Nil zu besitzen. Ich erhielt als Mittel von 3 Nachtbeobachtungen No. 4.3.

Während in der Wüste die Ozonreaction ansehnliche Schwankungen erkennen liess, zeigte sie sich in den Oasen etwas constanter.

In Dachel erhielt ich in der zweiten Hälfte des Januar als Mittel aus 9 Nachtbeobachtungen No. 4.91; in Siuah Ende Februar No. 4.5; in Dachel Mitte März Nr. 4; in Chargeh Ende März No. 3.66 und endlich im Nilthal bei Esneh im Anfang April No. 3.

Am Tag zeigte sich die Einwirkung auf die Reagenzpapiere stets etwas schwächer als während der Nacht; so erhielt ich im Januar in Dachel aus 10 Beobachtungen am Tag im Mittel nur 3.8, während in derselben Zeit die Nachtbeobachtungen 4.91 ergaben, in Siuah Ende Februar Nachts No. 4, am Tag No. 4.5.

Aus obigen Beobachtungen glaube ich einige Folgerungen ableiten zu dürfen, welche mir nicht ohne Interesse zu sein scheinen.

Vergleicht man zunächst die in der Wüste erhaltenen Ozonreactionen mit jenen aus den Oasen und dem Nilthal, so ergibt sich das überraschende Resultat, dass in ersterer der Ozonreichthum der Luft ein erheblich grösserer ist, als in den bewohnten mit Vegetation und Wasser versehenen Gebieten. In der offenen Wüste zeigte sich im Januar und Februar ein mittlerer Ozongehalt von No. 7.3, während in den Oasen ungefähr um dieselbe Zeit als höchste Mittelzahl nur 4.91 beobachtet werden konnte. Die Wüste zeichnet sich indess nicht allein vor den Oasen und dem Nilthal durch ozonreichere Luft aus. sie stellt sich auch (wenigstens im Winter) den günstigsten Ozonstationen Europa's zur Seite.

Nach Ebermayer*) schwankt der mittlere Ozongehalt in der jährlichen Periode an den baierischen Waldstationen zwischen 7 und 8 und beträgt im Winter 8.36. — Aehnliche Zahlen wurden auf dem Meere (vgl. oben), am Meeresstrand von Norderney, zu Funchal auf Madeira (Prestel), an der Küste bei Sassnitz (Dr. Lender), in Emden (Prestel) auf der Insel Texel**), in der Nähe der Gradirhäuser von Kissingen***), im botanischen Garten von Erlangen neben einer Berieselungsmaschine (Gorup Besanez Annal. Chem. und Pharm. 161 S. 247), sowie auf hohen Bergen beobachtet. Dagegen ergeben sich für die in Städten gelegenen Observatorien durchweg geringere Jahresmittel, so für Aschaffenburg No. 6, für Leipzig 4.84, für Zwickau 2.59.

Dem unmittelbaren Vergleich dieser Jahresmittel mit den in der libyschen Wüste gewonnenen Zahlen steht übrigens ein Bedenken gegenüber. Man weiss, dass der atmosphärische Ozongehalt zu verschiedenen Jahreszeiten Schwankungen ausgesetzt ist und dass in Europa z. B. das Maximum auf die Monate März bis Juni, das Minimum auf October bis November fällt.

Die beifolgende von Herrn Forstrath Ebermayer mitgetheilte Tabelle gibt eine Uebersicht der jährlichen periodischen Veränderungen im Ozongehalt der atmosphärischen Luft in Mitteleuropa.

Beobachtungsorte.	Januar.	Februar.	März.	April.	Mai.	Juni.	Juli.	August.	September.	October.	November.	December.
4jährliche Mittel sämmtlicher 6 Waldstationen in Baiern	8.39	8.18	8.55	8.00	7.68	7.75	7.33	7.87	7.44	8.25	8.55	8.36
Aschaffenburg (5 jährliche Mittel)	6.38	6.02	7.19	7.20	7.03	7.07	6.89	6.43	6.35	6.43	5.90	6.80
				Maximum.						Minimum.		
Wien (18 jährliche Mittel) .	4.5	5.1	5.2	5.2	5.3	5.4	5.3	5.1	4.2	3.6	4.0	4.3
				Maximum.						Minimum.		
Krakau (20 jährliche Mittel)	3.8	4.6	5.4	5.2	5.0	4.8	4.2	4.6	4.0	3.6	3.8	3.3
				Maximum.						Minimum.		
Emden an der Nordsee (7 jährliche Mittel) . . .	5.4	6.4	7.3	7.0	7.0	6.8	6.2	6.4	6.4	5.8	4.9	4.8
				Maximum.						Minimum.		

Auch in der libyschen Wüste scheinen ähnliche Schwankungen vorzukommen, nur nehmen sie offenbar einen anderen Verlauf, als in Europa. So liess sich vom Januar bis April eine Abnahme des

*) Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden, Band I, S. 242. Ich ergreife diese Gelegenheit um Herrn Forstrath Prof. Dr. Ebermayer meinen wärmsten Dank auszusprechen für die Gefälligkeit, mit welcher er mir durch Mittheilung von Literatur und freundlichem Rath die Orientirung in einem mir bis dahin wenig vertrauten Gebiete ermöglichte.

**) Huizinga, Journal für prakt. Chemie, 102, S. 201.

***) Lender in Göschen's deutsche Klinik, 1872, No. 19.

Ozongehaltes der Luft constatiren, welche ein auf die Wintermonate fallendes Maximum wahrscheinlich macht, allein meine Beobachtungen erstreckten sich über einen zu kurzen Zeitraum, um ein sicheres Urtheil über die Periode des Maximums und Minimums zu gestatten.

Neben der constanten, offenbar mit der Jahreszeit zusammenhängenden Veränderung des atmospärischen Ozongehaltes in der Wüste, fallen bei Durchsicht der Tabelle die zuweilen von einem zum anderen Tage eintretenden, sehr bedeutenden Schwankungen in's Auge. Wir hatten z. B. am Morgen des 4. März No. 3, am Morgen des 5. No. 8,5 der Schönbein'schen Skala, ohne dass in der Höhenlage, in den Terrain- oder Vegetationsverhältnissen irgend eine nennenswerthe Aenderung eingetreten wäre. Hier müssen also Ursachen wirken, welche von diesen Verhältnissen völlig unabhängig sind, und diese Ursachen wird man am natürlichsten in meteorologischen Zuständen, in der Beschaffenheit des Himmels, in der Windrichtung, in den Feuchtigkeitsverhältnissen und in der hiermit zusammenhängenden Verdunstung oder Condensirung von Wasserdampf zu suchen haben.

Die dunkelste Färbung der Reagenzpapiere fand stets statt bei vollkommen klarem Himmel, bei starkem Thau oder Reif und bei nordwestlicher und westlicher Windrichtung. War der Himmel bewölkt, so zeigte sich regelmässig eine geringere Ozonreaction, aber gleichzeitig fehlte auch der Thau; die schwächste Färbung stellte sich ein während oder unmittelbar nach einem aus Süd oder Südost kommenden Samum.

Man hat vielfach die Erfahrung gemacht, dass im Allgemeinen bewegte Luft ozonreicher sei, als stille*); allein dieser Satz dürfte nur relative Richtigkeit besitzen. Nach windstillen Nächten fand ich öfters an klaren, thaureichen Morgen No. 7—8, während zuweilen bei heftigem Südoststurm nur No. 2—3 erreicht wurde. Es dürfte demnach in erster Linie die Beschaffenheit und erst in zweiter die Stärke der Luftströmungen einen entscheidenden Einfluss auf den Ozongehalt ausüben.

Als eine wichtige Ozonquelle wurde von mehreren Seiten die Vegetation, namentlich die Wälder angesehen. Schönbein hatte die Vermuthung ausgesprochen, dass Nadelhölzer grössere Mengen von Ozon erzeugten, als Laubhölzer. Ebermayer**) konnte sich trotz vielfacher Beobachtungen nicht von der Richtigkeit dieser Annahme überzeugen, allein er gelangte zum Resultat, dass Luft im Walde und in der Nähe desselben auf unbewaldeter Fläche sich weit ozonreicher zeige, als in solchen Gegenden, die von grösseren Wäldern weit entfernt liegen. Es entging ihm jedoch nicht, dass der Ozongehalt der Luft im Innern geschlossener Holzbestände nicht grösser, sondern im Gegentheil etwas kleiner sei, als auf dem in der nächsten Umgebung der Wälder befindlichen freien Felde. Ebenso bemerkte Ebermayer, dass an allen waldreichen Orten die Luft im Winter ozonreicher als im Sommer sei, dass also der Wald als solcher durch seine Blätter keinen directen Einfluss ausüben, sondern höchst wahrscheinlich nur durch seine grössere Feuchtigkeit mittelbar als Ozonquelle betrachtet werden könne***).

Meine Beobachtungen in der libyschen Wüste scheinen die Ansicht zu bekräftigen, dass zwischen Vegetation und Ozongehalt der Luft kein unmittelbarer Zusammenhang existirt, ja dass unter Umständen sogar eine mit Pflanzendecke versehene Gegend wegen der zahlreichen verwesenden und zugleich

---

*) Lender a. a. O. S. 7.

**) a. angef. Ort. S. 241, 42.

***) Jelinek und Hann, Zeitschrift der österr. Ges. für Meteorologie VIII No. 23, S. 356.

Ozon verzehrenden Stoffe geringere Mengen von Ozon aufweisen kann, als völlig vegetationslose Gegenden. Der Umstand, dass in den Oasen und im Nilthal eine viel schwächere Ozonreaction zu bemerken war, als in der Wüste und auf offener See, scheint mindestens für keinen besonders wirksamen und günstigen Einfluss der Vegetation zu sprechen.

Wenn man meine in der Wüste angestellten Beobachtungen überblickt, so zeigt sich, dass die stärkste Reaction vorzugsweise an klaren Tagen bei starkem Thaufall oder Reif eintrat, und dass jedenfalls bei starker Färbung der Reagenzpapiere das Hygrometer am Morgen eine bedeutende Feuchtigkeit anzeigte.

Der Thau spielt in der beinahe regenlosen libyschen Wüste eine wichtige Rolle als Ernährer der freilich sehr dürftigen Wüstenvegetation. Während der kühleren Monate (December, Januar und Februar) fällt er in so ungewöhnlicher Stärke, dass häufig unsere Zelte ganz durchnässt waren und der felsige Boden wie nach frischem Regen befeuchtet erschien.

Dass bei feuchter Atmosphäre häufig auch ein erhöhter Ozongehalt bemerkbar wird, haben zahlreiche Beobachter festgestellt. In der libyschen Wüste bringen die vom Mittelmeer kommenden Nord- und Nordwestwinde Feuchtigkeit, während die aus dem heissen Sudan kommenden, über weite wasserlose Gegenden hinstreichenden Süd- und Südostwinde die Luft austrocknen. Bei südlicher oder südöstlicher Windrichtung zeigte sich auch regelmässig ein sehr geringer Ozongehalt; während bei entgegengesetzter Luftströmung die mit Wasserdampf fast gesättigte Atmosphäre starken Thau oder Reif und gleichzeitig kräftige Ozonreaction verursachte.

Die relative Luftfeuchtigkeit ist in der Wüste um die Mittagszeit weitaus am geringsten*) und daraus dürfte sich auch die am Tage schwächere Ozonreaction erklären lassen. In Europa zeigt sich nicht selten das entgegengesetzte Verhältniss; nämlich am Tage ein grösserer Ozongehalt, als bei Nacht.

Ein nothwendiger causaler Zusammenhang zwischen Feuchtigkeit und Ozonmenge der Atmosphäre scheint übrigens doch nicht zu bestehen, denn man weiss, dass bei starkem Nebel die Luft meist ozonfrei ist. Auch bei bedecktem Himmel oder unmittelbar vor den seltenen Regenfällen während unserer Wüstenreise erhielt ich immer nur schwach gefärbte Reagenzpapiere. Es scheint demnach weniger auf die Menge als auf Beschaffenheit des in der Luft vertheilten Wassers anzukommen.

Durch Beobachtungen in der Nähe der Kissinger Gradirhäuser wurde Dr. Lender zu dem Schlusse veranlasst, dass die rasche Verdunstung von Wasser, namentlich von concentrirten, salzreichen Lösungen von einer reichlichen Ozonerzeugung begleitet sei. Experimentelle Versuche, von Dr. Lender angestellt, sowie die Thatsache, dass am Meer in der Regel kräftige Ozonreaction bemerkt wird, konnten als weitere Belege für diese Vermuthung angeführt werden. Auch H. Struve in Tiflis behauptet, nach einer Mittheilung Prestels**), auf Grund specieller Untersuchung, dass Salzwasser unter gleichen Bedingungen mehr Ozon bilde als Süsswasser.

Dieser Annahme tritt Gorup Besanez entgegen. Nach ihm ist der hohe Ozongehalt in der Nähe der Kissinger Gradirhäuser nicht auf Rechnung der specifischen Beschaffenheit der wässerigen Lösung zu setzen, sondern der hochgesteigerten Wasserverdunstung überhaupt zuzuschreiben. Mancherlei Thatsachen scheinen für diese Ansicht zu sprechen. Die baierischen Waldstationen übertreffen nach Ebermayer's

*) Vergl. S. 129—132 und Tafel VI.

**) Prestel, die Winde in ihrer Beziehung zur Salubrität und Morbilität. Emden 1872.

Zusammenstellungen an Ozonreichthum die meisten am Meeresstrand gelegenen Beobachtungsorte. Ebenso hat Prestel auf hohen Bergspitzen in der Schweiz, wo eine ausserordentlich starke Verdunstung stattfindet, nach kurzer Exposition zuweilen No. 8—9 der Schönbein'schen Scala erhalten, am Fusse des Giessbaches sogar nach $1\frac{1}{2}$ Stunden No. 9. Auch Herr Prof. v. Siebold hat, wie er mir mittheilt, den charakteristischen Ozongeruch in ganz ungewöhnlicher Stärke am Rheinfall von Schaffhausen wahrgenommen. Fernere Beobachtungen an Wasserfällen und Springbrunnen dürften sich zur weiteren Constatirung des Einflusses verdunstender Wassermassen auf den atmosphärischen Ozongehalt empfehlen.

Wenn nach Niederschlägen, wie Regen, Schnee und Hagel ein vermehrter Ozongehalt der Luft beobachtet wird, so lässt sich derselbe nach Obigem aus der energischen Wasserverdunstung erklären.

Anders verhält es sich beim Thau oder Reif.

Meine Reagenzpapiere waren in thaureichen Nächten schon längst vor Sonnenaufgang intensiv gefärbt, also noch ehe die starke Verdunstung begonnen hatte. Es scheint demnach, dass nicht allein bei der Verdunstung, sondern auch bei der Condensirung von Wasserdampf Ozon erzeugt wird. Sollte vielleicht die beim Uebergang des einen Aggregatzustandes in den andern entstehende Electricität Veranlassung zur Verwandlung des gewöhnlichen Sauerstoffs in Ozon bilden und sollte sich hieraus der ungewöhnlich hohe Ozongehalt der Luft, in welcher Wasser verdunstet oder sich zu Thau und Reif condensirt, erklären lassen?

Die weitere Prüfung dieser Vermuthung durch Physiker und Chemiker dürfte nicht ohne Interesse sein, denn die Ansichten über die Entstehung des atmosphärischen Ozons gehen bis jetzt noch weit auseinander.

Kohlensäuregehalt der Luft.

Herr Professor Zittel hat in Glasröhren Luft von Farafrah und von Dachel nach München gebracht, woselbst Herr Professor v. Pettenkofer diese Luftproben analysirt und darüber folgenden Bericht erstattet hat*):

Als Professor Dr. Zittel sich zu der von Dr. Rohlfs unternommenen und von dem Vicekönig Ismail von Aegypten unterstützten Reiseexpedition in die libysche Wüste ausrüstete, entschloss er sich auch zur Sammlung einiger Luftproben in der Wüste, um sie nach München zurückzubringen, und da auf ihren Kohlensäuregehalt untersuchen zu lassen. Meines Wissens ist bisher wohl der Kohlensäuregehalt der freien Atmosphäre, namentlich auch in Niederungen, auf hohen Bergen und über der Meeresfläche, sowie der Luft in unseren Wohnungen, aber noch nie in einer Sandwüste bestimmt worden,

*) Sitzungsbericht der kgl. baier. Akademie, 1874. II. Math.-phys. Classe. 9. December. S. 339—351.

jedenfalls ist noch nie die Kohlensäure bestimmt worden, welche sich in der Luft unter der Oberfläche der Wüste, im Boden derselben befindet. Da in neuester Zeit regelmässig fortlaufende Bestimmungen in der Grundluft von München und Dresden gemacht werden, und diese Untersuchungen unerwartet grosse Mengen Kohlensäure zu Tage gefördert haben, selbst in sterilem Geröll- und Sandboden, welcher eine nur wenige Zoll hohe vegetirende Schichte auf sich trägt, so schien es mir von besonderem Interesse zu sein, auch einmal die Grundluft einer nahezu ganz vegetationslosen Fläche auf Kohlensäure zu prüfen. Das Resultat konnte zur Entscheidung der Frage über den Ursprung der Kohlensäure in unserer Grundluft beitragen, die am wahrscheinlichsten von organischen Stoffen stammt, welche mit dem Regen von der Oberfläche in die Tiefe geführt werden und dort allmälig verwesen, während die daraus entstehende Kohlensäure nach dem Gesetze der Diffusion und Ventilation fortwährend aus dem Boden in die freie Atmosphäre entweicht, soweit sie nicht von den verschiedenen Pflanzenorganen in und über dem Boden zu organischen Neubildungen verwendet wird.

Wenn diese Vorstellung eine richtige ist, so durfte sich die Grundluft der Wüste in ihrem Kohlensäuregehalte nicht wesentlich von der darüber befindlichen atmosphärischen Luft unterscheiden.

Da die Bestimmung der Kohlensäure in der Luft bis zum Grade grosser Genauigkeit entwickelt und leicht auszuführen ist, so bestand die einzige Schwierigkeit, welche zu überwinden war, nur darin, aus der Wüste so viel Luft und Grundluft nach München zu bringen, dass damit Bestimmungen der Kohlensäure vorgenommen werden konnten. Es wurden dazu Glasröhren gewählt, welche etwa 5 Centimeter Durchmesser und 50 Centimeter Länge hatten, und an beiden Enden in viel engere Glasröhren von einigen Millimetern Durchmesser übergingen. Die dünnen, aus leicht schmelzbarem Glase bestehenden Endröhren waren offen. Diese Röhren konnten daher leicht von irgend einer Luft vollgesogen, und dann an beiden Enden mit einer Spirituslampe abgeschmolzen werden. Sie sollten etwa 1 Liter Luft fassen, was allerdings für eine genauere Untersuchung etwas wenig war, aber bei der Empfindlichkeit der Methode doch noch für genügend angesehen werden konnte. Röhren von weiterem Durchmesser waren in der Schnelligkeit nicht aufzutreiben, und sie viel länger zu nehmen, hätte für den Transport und die Handhabung zu grosse Schwierigkeiten gemacht. —

Zittel hat an zwei Stationen in der Wüste in Farafrah und in Dachel solche Röhren mit Luft gefüllt, die dünnen Röhren abgeschmolzen und unversehrt von seiner Expedition im Mai 1874 mit nach München zurückgebracht. Ich fand leider erst im November Zeit, an die Untersuchungen zu gehen.

Das Verfahren der Untersuchung war folgendes: Die Röhre mit Luft wurde in einem Stativ senkrecht gestellt. Ueber die nach oben sehende, abgeschmolzene enge Glasröhre wurde ein kurzes enges dickes Kautschukrohr mit einem T-Rohr aus Glas gesteckt. Ein Ende des horizontalen Theiles des T-Rohres wurde mit einem Quecksilbermanometer, das entgegengesetzte mit einer Absorptionsröhre in Verbindung gesetzt, in welcher sich 90 Cubikcentimeter Barytwasser befanden, welches so viel Aetzbaryt enthielt, dass 30 Cubikcentimeter von 25.25 Cubikcentimeter einer Oxalsäurelösung gesättigt wurden, von welcher 1 Cubikcentimeter stets 1 Milligramm Kohlensäure ä[illegible]alent ist. Durch Quetschhähne konnte sowohl gegen das Manometer hin, als gegen die Barytlö[illegible]n abgesperrt werden.

Das untere Ende der Röhre wurde in ein enges längeres Kautschukrohr gesteckt, dessen anderes Ende mit einem grossen Trichter verbunden war, welcher eine Flüssigkeit enthielt, mit der die Luft aus der Röhre in das Barytwasser getrieben werden sollte. Dieser Trichter war so hoch über der die Luft

enthaltenden Röhre gestellt, dass das Gefälle hinreichte, alle Luft auszutreiben. — Auch diese Röhre war mit Quetschhahn versehen.

Als Flüssigkeit zum Austreiben der Luft war eine bei 20° C. gesättigte Lösung von neutralem Chlorcalcium gewählt.

Zuerst wurde oben das T-Rohr aufgesetzt, mit dem Manometer und der Barytröhre verbunden und die Leitungen nach beiden Seiten hin durch die beiden Quetschhähne wieder abgeschlossen. Dann wurde das aus dem hochstehenden Trichter kommende Kautschukrohr, nachdem es ganz mit Flüssigkeit gefüllt und von Luft freigemacht war, über die untere abgeschmolzene Glasröhre geschoben und auch der an ihm befindliche Quetschhahn geschlossen.

Nun wurde zum Oeffnen der die Luft enthaltenden Röhre geschritten, und zwar zuerst an ihrem oberen Ende. Mittels einer Kneipzange wurde die abgeschmolzene Spitze in dem dicken Kautschukrohre, welches das obere Glasrohr luftdicht umschloss, abgebrochen und dann der Quetschhahn nach dem Manometer hin geöffnet. Es zeigte sich nun, unter welchem Druck die in der Glasröhre eingeschmolzene Wüstenluft stand. Da die beiden Stationen, wo die Röhren gefüllt wurden, viel niedriger liegen als München, so ergab sich bei allen Röhren ein beträchtlicher Ueberdruck über den Druck der Atmosphäre in München. Das war zugleich ein sicherer Beweis, dass alle Röhren vollkommen luftdicht verschlossen hierher gekommen waren. Der am Manometer abgelesene Druck wurde zum jeweiligen Barometerstande addirt, wie er sich zur Zeit der Untersuchung in München ergab. Man darf selbstverständlich nicht erwarten, dass der Druck am Manometer und der Druck des Barometers in München addirt in allen Fällen der genaue Ausdruck des Barometerstandes sein müsste, unter welchem die Röhre in der Wüste gefüllt wurde, denn es kommt nebenbei auch auf die Temperatur an, welche die Röhre und die Luft in ihr während der Manipulation des Füllens und des Zuschmelzens angenommen hatte.

Nachdem das Manometer und die Temperatur der Röhre abgelesen war, wurde der Quetschhahn gegen das Manometer hin wieder geschlossen, und dafür der nach der Barytröhre hin geöffnet. Entsprechend dem Ueberdrucke des Manometers über den Barometerdruck trat sofort ein Theil der Luft durch das Barytwasser.

Als keine Luftblase mehr weiter im Barytwasser aufstieg, wurde nun das untere Ende der Röhre ebenso durch Abbrechen der Spitze im Kautschukrohre geöffnet, um die Chlorcalciumlösung eintreten zu lassen und alle Luft aus der Röhre zu verdrängen. Als auch die untere Spitze abgebrochen war, wurde der Quetschhahn an dem zum Trichter mit Chlorcalciumlösung führenden Kautschukrohre geöffnet, und in Zeit von etwa 15 Minuten alle Luft aus der Röhre durch das Barytwasser in kleinen sich regelmässig folgenden Blasen getrieben. —

Nachdem das Barytwasser abgenommen war, liess man aus der Röhre die Chlorcalciumlösung in einen Messcylinder auslaufen, und bestimmte dadurch zugleich das Volumen der Röhre, und damit auch das Volum der untersuchten Luft.

Unter Ausserachtlassung der Tension des Wasserdampfes in der Luft und unter Berücksichtigung der beobachteten Druck- und Temperaturverhältnisse der auf diese Art gemessenen Luftmenge, wurde mit Hilfe der Bunsen'schen Tafeln das Volumen auf 0° und 760 Millimeter Barometerdruck berechnet.

Das Barytwasser, durch welches die Luft gegangen war, wurde auf gewöhnliche Weise titrirt, daraus das Gewicht der absorbirten Kohlensäure erfahren und auf Volumen bei 0° und 760 Millimeter Barometerdruck berechnet.

Bestimmungen mit Wüstenluft.

I.

Farafrah. Atmosphärische Luft.

Manometer	33	Millimeter.
Barometer	705	„
	738	Millimeter.

Temperatur 20°8 Cels.

Luftvolum 0.945 Liter = 0.848 Liter bei 0° und 760 Millimeter Barometerdruck. 30 Cubikcentimeter Barytwasser erforderten zur Neutralisation Oxalsäure

vor dem Versuche	25.25 cc.
nach „ „	25.0
Differenz	0.25

90 Cubikcentimeter Barytwasser hatten 0.75 Milligramm CO_2 = 0.381 Cubikcentimeter absorbirt.

In 10000 Volumtheilen Luft sind 4.47 Volumtheile Kohlensäure.

II.

Farafrah. Grundluft im Wüstenboden aus einer Tiefe von $^1/_2$ Meter.

Manometer	10	Millimeter.
Barometer	707	„
	717	Millimeter.

Temperatur 18°2 Cels.

Luftvolum 0.740 Liter = 0.640 Liter bei 0° und 760 Millimeter Barometer. 30 Cubikcentimeter Barytwasser

vor dem Versuche	= 25.25 cc.	Oxalsäure
nach „ „	24.95	„
Differenz	0.30	

90 Cubikcentimeter Barytwasser hatten 0.9 Milligramm CO_2 = 0.508 Cubikcentimeter absorbirt.

In 10000 Volumtheilen Grundluft sind 7.93 Volumtheile Kohlensäure.

Die Röhre war bei dieser und den übrigen Luftproben mit Grundluft von Zittel auf folgende Art gefüllt worden:

Eine eiserne Röhre mit Stahlspitze, wie sie zur Anlage sogenannter amerikanischer Brunnen mitgeführt wurden, wurde in den Boden gerammt, dann bei einer bestimmten Tiefe angelangt, deren obere Oeffnung mit einem Kautschukpropfe geschlossen, welcher in einem Bohrloche eine luftdicht eingepasste,

rechtwinklig gebogene Glasröhre hatte. Mit dem Munde am Glasrohr wurde dann so lange gesogen bis man sicher sein konnte, die in der Röhre enthaltene Luft mehrmals ausgesogen und mit Luft aus dem Boden gefüllt zu haben. Nun wurde die Röhre für die zur Untersuchung bestimmte Luft mittels eines kurzen Kautschukschlauches damit verbunden, und die Grundluft längere Zeit durchgesogen, bis man erwarten konnte, alle darin vorhandene Luft mit Grundluft ersetzt zu haben. Schliesslich wurde mit einer Spirituslampe an beiden Enden abgeschmolzen. — Professor Zittel erfreute sich bei allen derartigen Füllungen der sorgsamen Assistenz des Herrn Philipp Remelé, des Photographen der Expedition.

Professor Zittel hat mir nachträglich mitgetheilt, dass das Füllen und Abschmelzen der Röhren fast immer leicht von Statten ging, mit Ausnahme des Versuches II. Hier aber hätte schon der sehr compakte Boden beim Einrammen der eisernen Röhre sehr grosse Schwierigkeiten geboten, und sei auch das Durchsaugen der Luft nur mit einer gewissen Anstrengung möglich gewesen, so dass er schon in Farafrah befürchtet habe, dass gerade das Resultat dieses Versuches kein ganz reines sein könnte. Sehr leicht und regelmässig hingegen sei Alles bei den folgenden Füllungen vor sich gegangen.

III.

Farafrah. Grundluft aus einem Palmengarten, 1 Meter tief unter der Oberfläche.

Manometer	44	Millimeter.
Barometer	705	„
	749	Millimeter.

Temperatur 20°3 Cels.

Luftvolum 0.820 Liter = 0.748 Liter bei 0° und 760 Millimeter Barometer. 30 Cubikcentimeter Barytwasser

vor dem Versuche	= 25.25 cc.	Oxalsäure
nach „ „	23.7	„
Differenz	1.55	

90 Cubikcentimeter Barytwasser hatten 4.65 Milligramm CO_2 = 2.365 Cubikcentimeter absorbirt.

In 10000 Volumtheilen Grundluft sind 31.52 Volumtheile CO_2.

IV.

Dachel. Atmosphärische Luft.

Manometer	30	Millimeter.
Barometer	702	„
	732	Millimeter.

Temperatur 18°2 Cels.

Luftvolum 0.860 Liter = 0.771 Liter bei 0° und 760 Millimeter Barometer. 30 Cubikcentimeter Barytwasser

vor dem Versuche = 25.25 cc. Oxalsäure
nach „ „ 25.0 „

Differenz 0.25

90 Cubikcentimeter Barytwasser hatten 0.75 Milligramm CO_2 absorbirt = 0.381 Cubikcentimeter CO_2.

In 10000 Volumtheilen Luft sind 4.94 Volumtheile Kohlensäure.

V.

Dachel. Atmosphärische Luft. (Diese Röhre war innen nicht ganz rein. Zittel.)

Manometer 30 Millimeter.
Barometer 705 „

735 Millimeter.

Temperatur 20°.4 Cels.

Luftvolum 0.900 Liter = 0.805 Liter bei 0° und 760 Millimeter Barometer. 30 Cubikcentimeter Barytwasser

vor dem Versuche = 25.25 cc. Oxalsäure
nach „ „ 25.0 „

Differenz 0.25

90 Cubikcentimeter Barytwasser hatten 0.75 Milligramm CO_2 absorbirt = 0.381 Cubikcentimeter CO_2.

In 10000 Volumtheilen Luft 4.73 Volumtheile Kohlensäure.

VI.

Dachel. Grundluft in Sand und Thon aus einer Tiefe von 1 Meter.

Manometer 30 Millimeter.
Barometer 705 „

735 Millimeter.

Temperatur 20°.5 Cels.

Luftvolum 0.970 Liter = 0.868 Liter bei 0° und 760 Millimeter Barometer. 30 Cubikcentimeter Barytwasser

vor dem Versuche = 25.25 cc. Oxalsäure
nach „ „ 25.10 „

Differenz 0.15

90 Cubikcentimeter Barytwasser hatten 0.45 Milligramm Kohlensäure absorbirt = 0.229 Cubikcentimeter Kohlensäure.

In 10000 Volumtheilen Grundluft 2.64 Volumtheile Kohlensäure.

VII.

Dachel. Grundluft in Sand und Thon aus einer Tiefe von $1^1/_4$ Meter.

Manometer	33	Millimeter.
Barometer	705	„
	738	Millimeter.

Temperatur 20°7 Cels.
Luftvolum 1.028 Liter.

Dieser Versuch ist leider verunglückt, weil wegen mangelhaften Schlusses des Quetschhahnes an dem Kautschukschlauche, welcher die Chlorcalciumlösung vom Trichter in die Röhre führte, diese Lösung theilweise bis in die Barytlösung geführt und deren Titrirung nach dem Versuche nicht mehr vorgenommen werden konnte, da sie resultatlos gewesen wäre.

VIII.

Dachel. Grundluft in Sand und Thon aus einer Tiefe von $1^1/_2$ Meter.

Manometer	33	Millimeter.
Barometer	705	„
	738	Millimeter.

Temperatur 20°7 Cels.
Luftvolum 1.012 Liter = 0.927 Liter bei 0° und 760 Millimeter Barometer. 30 Cubikcentimeter Barytwasser

vor dem Versuche	= 25.25	cc. Oxalsäure
nach „ „	25.0	„
Differenz	0.25	

90 Cubikcentimeter Barytwasser hatten 0.75 Milligramm CO_2 absorbirt = 0.381 Cubikcentimeter CO_2.
In 10000 Volumtheilen Grundluft sind 4.10 Volumtheile Kohlensäure.
Der leichtern Uebersicht wegen stelle ich die Resultate der 8 Untersuchungen zusammen:

Kohlensäuregehalt der Luft in der Wüste in 10000 Volumtheilen.

Farafrah Atmosphärische Luft	Farafrah Grundluft $^1/_2$ M. tief. Compakt. Wüstenboden	Farafrah Grundluft 1 M. tief Palmgarten	Dachel Atmosphärische Luft
4.47	7.93	31.52	4.94

Dachel Atmosphärische Luft	Dachel Grundluft 1 M. tief Sand und Thon	Dachel Grundluft $1^1/_4$ M. tief Sand und Thon	Dachel Grundluft $1^1/_2$ M. tief Sand und Thon
4.73	2.64	?	4.10

Aus diesen Resultaten geht mit Bestimmtheit hervor, dass der Kohlensäuregehalt der atmosphärischen Luft in der Wüste kein anderer ist, wie bei uns in Thälern und auf hohen Bergen, wo er zwischen $2^1/_2$ und 5 Zehntausendtheilen schwankt.

Mit gleicher Bestimmtheit geht auch daraus hervor, dass der Kohlensäuregehalt der Grundluft im vegetationslosen Wüstenboden wesentlich kein anderer ist, als der der darüber hinziehenden atmosphärischen Luft, er erreicht in keinem Falle 1 pro mille, ja er ist in zwei Fällen sogar unter dem der atmosphärischen Luft, und der Versuch II, welcher die höchste Ziffer ergeben hat, ist nach Zittel's Angabe nicht ganz verlässig.

Nur der vegetirende Boden in einem Palmengarten bei Farafrah zeigt einen erhöhten Gehalt an Kohlensäure in der Grundluft, und zwar gleich in einem Maasse, 31.5 Zehntausendtheile, dass darüber kein Zweifel bestehen kann, weil das Resultat die Fehlergrenzen der angewandten Methode weit überschreitet.

Dieser grosse Unterschied zwischen der Grundluft im Palmengarten und der Grundluft im Wüstenboden und in der atmosphärischen Luft hat sich bei den Untersuchungen auch dadurch ganz augenscheinlich kund gegeben, dass das vorgelegte Barytwasser sich nur bei Untersuchung der Grundluft aus dem Palmengarten sichtlich getrübt und eine merkliche Menge Niederschlag von kohlensaurem Baryt abgesetzt hat. Bei allen übrigen Proben blieb das Barytwasser fast klar und zeigte auch nach längerem Stehen nur eine Spur Niederschlag. —

Dieser Umstand lässt mich daher sicher behaupten, dass auch die verunglückte Analyse VII der Grundluft von Dachel dasselbe Resultat ergeben hätte, wie die beiden andern Proben von dorther, denn auch da zeigte sich vom Anfang bis zum Ende des Versuches keine merkliche Trübung des Barytwassers, was der Fall hätte sein müssen, wenn diese Luft wesentlich mehr Kohlensäure enthalten hätte.

Zu einem erhöhten Kohlensäuregehalt der Grundluft in gewöhnlichem Boden, in welchen nicht etwa vulkanische oder mineralische Quellen von Kohlensäure ausmünden, gehören also jedenfalls organische Substanzen und Wasser, welches dieselben in den Boden hinabführt.

Schliesslich war mir noch daran gelegen, auch dafür einen Anhaltspunkt zu gewinnen, wie gross etwa der Fehler sein könnte, den meine immerhin nicht ganz vollkommene und tadellose Untersuchungsweise verursacht haben könnte. Zu diesem Zwecke füllte ich eine der von Zittel schon benützten und von mir untersuchten Röhren am 21. November 1874 mit atmosphärischer Luft von München im Freien, schmolz die Enden der Röhren ab, und bestimmte den Kohlensäuregehalt der darin eingeschlossenen Luft ganz in derselben Weise, wie ich es mit den von Zittel aus der Wüste mitgebrachten Luftproben gethan hatte.

Gleichzeitig aber wurde eine Bestimmung der Kohlensäure in der atmosphärischen Luft auf gewöhnliche regelrechte Weise in einer 4 Liter haltenden Flasche vorgenommen.

Das Resultat war folgendes:

a) Bestimmung der Kohlensäure der Luft in der Röhre.

Manometer	2	Millimeter minus.
Barometer	712	"
	710	Millimeter.

Temperatur 21°.2 Cels.

Luftvolum der Röhre 0.950 Liter = 0.818 Liter bei 0° und 760 Millimeter Barometer. 30 Cubikcentimeter Barytwasser

vor dem	Versuche	= 25.25 cc.	Oxalsäure
nach "	"	25.0	"
	Differenz	0.25	

90 Cubikcentimeter Barytwasser hatten 0.75 Milligramm CO_2 = 0.318 Cubikcentimeter absorbirt.

In 10000 Volumtheilen Luft 4.65 Volumtheile Kohlensäure.

b) Die regelrechte Bestimmung ergab 3.79 Volumtheile CO_2 auf 10000 Theile Luft.

Die Uebereinstimmung der beiden Versuche und damit die Genauigkeit des von mir angewandten Verfahrens ist hinreichend, um die aus den Resultaten der Untersuchung gezogenen Schlüsse als gerechtfertigt erscheinen zu lassen.

Barometrische Höhenmessung.

Nachdem die Instrumente zur Bestimmung des Luftdrucks und deren Untersuchung, sowie die Art der Beobachtungen schon früher beschrieben sind, ist es wie bei dem Falle der geographischen Längen unsere nächste Aufgabe, über die aus fremden Messungen erhaltenen Meereshöhen der correspondirenden Stationen Kairo und Siut zu berichten. Glücklicherweise ist hiefür alle wünschenswerthe Sicherheit vorhanden.

Das egyptische Nivellement.

Durch Vermittelung des deutschen Generalconsuls Herrn von Jasmund erhielt ich am 5. Dec. 1873 in Kairo von General Stone die Nivellementsresultate für die 4 Punkte: Hamrah bei Siut, Minieh, Beni-Suef und Nilometer auf der Insel Rodah bei Kairo. Da hiebei mitgetheilt wurde, dass die Nivellementsarbeiten durch den khedivischen Astronomen und Geodäten **Mahmud-Bey** geleitet worden waren, begab ich mich anderen Tages zu demselben, um die in dem Briefe des General Stone enthaltenen Angaben womöglich mit den Originalzahlen zu vergleichen und noch weitere Auskunft zu erhalten.

Mahmud-Bey stellte alle in seinem Besitze befindlichen Acten bereitwilligst zur Verfügung und controlirte die Höhenzahlen nach dem arabischen Original.

Ueber die wichtigsten Fragen, welche hier in Betracht kommen, gab ein besonderes Schriftstück Auskunft, wovon ich alsbald Abschrift nahm, wie folgt:

Le point de départ du nivellement est le repère marqué R 28 A dans l'ancien nivellement opéré entre Suez et le Caire. Ce repère est situé au dessus de la colonne du nilomètre de l'île de Rodah sur le petit mur qui traverse le puits au dessus de la poutre superposée sur la colonne et les parois du puits. La cote relative de ce point est de $37^{\text{m}}752$ dans le nivellement qui a été fait il y a 18 ans entre Suez et le Caire par deux divisions d'ingénieurs dont les chefs étaient ibrahim solem effendi et ahmad abdallah effendi sous la direction de notre savant ami salamah bey.

Le plan de comparaison était considéré de 20 mètres au dessous du quai de Suez vis-à-vis le grand hôtel. L'on avait parti de ce quai par la cote 20^{m} et l'on est arrivé au nilomètre de l'île de Rodah à la cote $37^{\text{m}}915$. Pour fermer le nivellement et en connaitre le dégré d'exactitude l'on avait continué l'opération partant du Caire par la même cote d'arrivée savoir $37^{\text{m}}915$ et retournant au quai de Suez suivant un autre chemin (celui des postes), la cote du même quai s'est trouvée de $20^{\text{m}}327$ au lieu de 20 mètres justes; il y a eu donc $0^{\text{m}}327$ de différence entre le nivellement d'aller et celui de retour. La cote $37^{\text{m}}915$ du nilomètre doit être par conséquence affectée de la moitié de cette différence, c'est à dire, elle doit être reduite à $37^{\text{m}}915 - 0^{\text{m}}163 = 37^{\text{m}}752$, or le niveau moyen des eaux de la méditerannée est à $18^{\text{m}}20$ de cote dans ce nivellement, donc notre repère de nilomètre de Rodah doit avoir pour altitude $37^{\text{m}}752 - 18^{\text{m}}20 = 19^{\text{m}}552$ et non pas $37^{\text{m}}915 - 18^{\text{m}}20 = 19^{\text{m}}715$, comme nous l'avions communiqué par erreur à plusieurs ingénieurs, il y a déjà quelques années, et publié en 1872 dans notre système métrique égyptien.*) En effet n'ayant eu entre les mains que le carnais de nivellement d'aller du quai

---

*) Le système métrique actuel d'Egypte comparé au système français, les nilomètres tant anciens que modernes et les antiques coudées de l'Egypte. par Mahmoud-Bey astronome de son altesse le Khédive. Copenhague 1872. Die fragliche Stelle findet sich auf Seite 24 dieser Schrift als Anmerkung:

Trois divisions d'ingenieurs égyptiens très capables aivaient fait en 1272 *) de l'hégire le nivellement entre le nilomètre

---

*) Nach der gewöhnlichen Annahme der Hegira = 622 n. Chr. wäre hiernach dieses Nivellement im Jahr 1894 gemacht. Durch die Beziehung zum Suez-Canal ist die Zeit genügend bezeichnet.

de Suez au Caire seulement et ne soupçonnant même pas, que le nivellement de retour du Caire au quai de Suez eut été opéré, nous avons adopté la cote $19^{m}715$ comme définitive, mais plutard dans cette année-ci nous avons trouvé dans les archives des travaux publics les carnais du nivellement de retour, opéré du Caire à Suez par la route des postes; nous avons en conséquence rectifié notre altitude principale de sorte que tous les nivellements soit rapportés soit partis directement ou indirectement du repère du nilomètre de l'île de Rodah doivent être diminuées d'une constante $0^{m}163$ pour bien marquer les altitudes des points opérés. . . .

C'est ainsi que l'extrémité supérieure de la dix-septième et dernière coudée gravée sur la colonne nilométrique et qui se trouve à $1^{m}882$ au dessous du repère, doit avoir pour altitude $17^{m}670$ et non pas $17^{m}833$ comme ça a été déjà publié. Le zéro de l'échelle nilométrique doit avoir également $8^{m}483$ d'altitude au lieu de $8^{m}646$ et qu'enfin nos nivellements de la haute Egypte de Siout jusqu'au Caire, ceux de la ville même du Caire et de ses environs ayant été rapporté au nilomètre de l'île de Rodah doivent être diminuées de la même constante $0^{m}163$ pour bien se rapporter au niveau moyen des eaux de la Méditerannée.

Die im Eingang genannte Mittheilung von General Stone, in den Angaben der Oertlichkeiten theilweise verbessert durch Mahmud-Bey, lautet:

La hauteur au dessus le niveau moyen de la Méditerrannée aux equinoxes d'un repère sur le seuil de la porte orientale de l'école de Hamrah sur les bords du Nil vis-à-vis de Siout est de $53^{m}267$ dont il faut déduire $0^{m}163$. Donc l'altitude corrigée est $53^{m}104$.

L'altitude corrigée de la porte occidentale de la Mosqué de Fouli à Minich est $40^{m}802$.

La base de la colonne du nord de la station de Chemin de fer de Beni-Souef a l'atitude corrigée de $31^{m}371$.

Le zéro de l'échelle nilométrique de l'île de Rodah vis-à-vis le Vieux-Caire a l'altitude de $8^{m}483$.

Ueber das Nivellement von Kairo bis Siut machte Mahmud-Bey noch folgende mündliche Mittheilungen:

Dieses Nivellement wurde auf dem linken Nilufer mit drei Instrumenten gemacht, deren jedes von 2 Ingenieuren abgelesen wurde; später wurden auf dem rechten Ufer noch 2 solcher Nivellements ausgeführt, welche „presque pas de différence" ergaben (es ist unbekannt, wie das Nivellement über den Nil geführt wurde). Die angegebenen Resultate sind nur aus den 3 ersten Nivellements gezogen, die 2 letzten dienten nur als allgemeine Probe.

Die im Vorstehenden mehrfach gegebene Zahl $18^{m}20$ für den Spiegel des mittelländischen Meeres,

---

de l'île de Rodah et la mer rouge sous la direction de notre ami Salamah-Bey, inspecteur de ponts et chaussées et homme très érudit, et cela était pour le canal maritime et le canal d'eau douce entre le Caire et Suez; ils ont trouvé 37.915^{m} pour la cote relative d'un point du nilomètre; ce même point, je l'ai trouvé au dessus de l'extérmité supérienre de la 17^{ième} coudée, de 1.882^{m}; donc cette même extrémité aura pour cote relative 36.033^{m} et comme le cote relative de la surface de la méditerrannée a été trouvé de 18.20^{m} par les ingénienrs français du canal maritime (suivant le même plan comparativ) il en resulte que l'altitude ou la cote de l'extrémité supérieure de la 17^{ième} coudée est de $36.033^{m} - 18.20^{m}$ ou de 17.833^{m} au dessus du niveau moyen de la Méditerrannée.

bezogen auf den Horizont des Nivellements, ist von Mahmud-Bey aus einer Karte des Sues-Canals*) entnommen worden, diese Karte enthält nämlich folgende Angaben:

Niveau des eaux de la mer méditerrannée.

Repère du Quai de Suez	20.00 m
Plus hautes mers connues	18.76
Hautes mers d'Equinoxe sans vent	18.33
Niveau moyen habituel	18.20
Basses mers d'Equinoxe sans vent	17.89
Plus basses mers connues	17.66

Niveaux des eaux de la mer rouge.

Repère du Quai de Suez	20.00 m
Plus hautes mers connues	20.00
Hautes mers moyennes de morte eau	18.85
Niveau moyen habituel	18.36
Basses mers moyennes de morte eau	18.05
Plus basses mers connues	16.76

Der Nilometer auf der Nilinsel Rodah gegenüber Alt-Kairo besteht aus einer achteckigen Säule von weissem Marmor in der Mitte eines gemauerten, durch Treppen zugänglich gemachten Brunnenschachtes. Dieses aus dem Jahr 1240 n. Chr. stammende Bauwerk wurde von der französischen Expedition genau aufgenommen und es findet sich dessen Beschreibung und Zeichnung in der Description de l'Egypte, Tome second (II^{me} partie) Seite 459 u. ff. und Tome premier, planche 23 und planche 14.

Hiernach ist der 8.646 m lange Säulenschaft in 16 Ellen von durchschnittlich je 0.54 m getheilt, während Mahmud-Bey 17 Ellen zählt unter der Annahme, dass der Säulenfuss die erste Elle darstellt.**) Nach der Aufnahme der Description de l'Egypte, welche durch einige von mir selbst genommene Hauptdimensionen controlirt***) wird, ist die folgende Zeichnung gemacht, worin auch die oben besprochenen Höhen über dem Meer eingeschrieben sind.

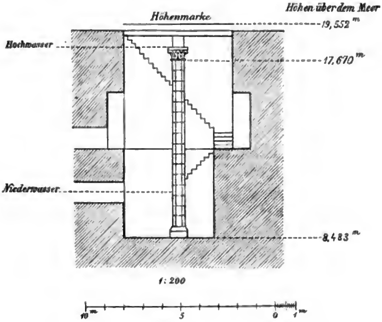
Am 16. April 1874 war der Wasserstand $7\frac{7}{24}$ Ellen nach Mahmud-Beys Zählung oder $6\frac{7}{24}$ Ellen nach der Zählung der Description ($9\frac{17}{24}$ Ellen von oben gezählt).

*) Compagnie universelle du canal maritime de Suez. Carte de l'isthme, dressée sous la direction de Mr. Voisin, Directeur Général des travaux et d'après les opérations de Mr. Larousse, ingénieur-hydrographe, échelle au $\frac{1}{200000}$. E. Andriveau-Goujon éditeur, rue du Bac 21. Paris 1869.

**) Mahmud-Bey. Le Système métrique actuel d'Egypte S. 23 und 33.

***) Zwischen der 3. und 4. Elle von oben ist eine aussergewöhnliche Abtheilung. Die 8. Elle von oben fand ich nur etwa halb so gross als die übrigen, während in der Zeichnung und Beschreibung der Description alle Ellen gleich angegeben werden. Diese 8. Elle von oben hat auch nicht die an den übrigen zu sehende Unterabtheilung in 24 Zolle.

Nilometer auf der Insel Rodah bei Kairo.



Da es oft von Interesse ist, verschiedene Nilwasserstände auf einander zu beziehen, berechnen wir noch unter Zugrundlegung der vorstehenden Angaben die Meereshöhen der Nilwasserstände für verschiedene Zeiten nach den Nilometerbeobachtungen, welche in der Description de l'Egypte, tome second 2me partie S. 564 u. ff. mitgetheilt sind. Als Meereshöhe des Nilometernullpunktes ist dabei zu nehmen $8^m.483 + 0^m.541 = 9^m.024$, weil, wie schon erwähnt, die Description 16 Ellen, Mahmud-Bey aber 17 Ellen zählt.

Periodische Aenderung des Nilwasserstandes.*)

Tag			Nilwasserstand bei Kairo			
			am Nilometer von Rodah			über dem Meer
			Ellen	Zolle	Meter.	Meter.
1799	Juli	2	3	10	1.85	10.87
"	"	10	3	14	1.94	10.96
"	"	20	6	9	3.45	12.47
"	August	1	7	11	4.03	13.06
"	"	11	10	8	5.59	14.61

*) Weitere Angaben hierüber findet man in der Zeitschrift für allgemeine Erdkunde, Neue Folge, 14. Band, Berlin 1863, S. 101 u. ff. und 2 Tafeln im Anhang, enthaltend die Nilwasserstände von 1845—1861 am Barrage der Delta-Spitze, mitgetheilt von Dr. H. Barth.

Tag			Nilwasserstand bei Kairo am Nilometer von Rodah			über dem Meer
			Ellen	Zolle	Meter.	Meter.
1799	August	21	14	1	7.60	16.62
„	September	1	15	6	8.25	17.27
„	„	11	16	0	8.66	17.68
„	„	21	16	2	8.71	17.72
„	October	1	15	12	8.38	17.41
„	„	12	14	5	7.69	16.71
„	„	22	13	14	7.35	16.37
„	November	1	12	4	6.58	15.60
„	„	11	11	5	6.06	15.09
„	„	21	10	7	5.57	14.59
„	December	1	9	20	5.32	14.34
„	„	11	9	8	5.05	14.07
„	„	21	9	0	4.87	13.89
„	„	31	8	15	4.66	13.69
1800	Januar	10	8	3	4.40	13.42
„	„	20	7	12	4.06	13.08
„	„	30	6	19	3.67	12.70
„	Februar	9	6	8	3.43	12.45
„	„	19	5	22	3.20	12.22
„	März	1	5	15	3.04	12.06
„	„	11	5	8	2.88	11.91
„	„	21	5	2	2.75	11.77
„	„	31	4	19	2.59	11.61
„	April	10	4	13	2.46	11.48
„	„	20	4	8	2.34	11.37
„	„	30	4	5	2.28	11.30
„	Mai	10	4	1	2.19	11.21
„	„	20	3	20	2.07	11.10
„	„	30	3	18	2.03	11.05
„	Juni	9	3	15	1.96	10.98
„	„	19	3	13	1.91	10.94
		Mittel	8	4	4.41	13.43

Die ganze Anschwellung vom Juli bis September betrug also im Jahr 1819 12 Ellen 16 Zolle = 6.86 Meter. Es ist dieses etwas weniger als der Mittelwerth, denn nach S. 563 des genannten Bandes der Description wurden in den 66 Jahren 1150 bis 1215 der Hegira folgende Schwellungen beobachtet:

11	mal	zu stark,	Schwellung =	15 Ellen	
30	„	gut,	„	14 „	Mittel 13.2 Ellen
16	„	schwach,	„	11—13 „	
9	„	ungenügend,	„	10—11 „	

Die entsprechenden Nilometerablesungen sind $18^1/_2$, $17^1/_2$, $14^1/_2—16^1/_2$, $13^1/_2—14^1/_2$, woraus auch die Meereshöhen nach S. 173—174 bestimmt werden können. (Uebrigens sind die Nilometerstände, welche in Kairo öffentlich ausgerufen werden, ganz andere, nämlich bezw. 24—25, 22—23, 20—21, 18—19, weil die mit der Ablesung beauftragten Schechs sich ein besonderes dogmatisch confuses Beobachtungssystem gebildet haben, welches mit der natürlichen Ablesung der Ellen und Zolle nichts zu schaffen hat.)

Die Nilschwellung nimmt gegen Süden zu, bei Assuan beträgt sie im Mittel 16 Ellen.

Indem man die obigen 13.2 Ellen = 7.14 Meter als normale Schwellung in Kairo annimmt, erhält man die normalen Meereshöhen für das Niederwasser = 10.7 Meter und für das Hochwasser 17.9 Meter.

Die Höhenübertragung von den angegebenen Fixpunkten in Kairo und Hamrah bei Siut auf die betreffenden Stationsbarometer machte ich sofort barometrisch durch Hin- und Hergehen mit Aneroiden. In Kairo gaben zwei solche Operationen an zwei verschiedenen Tagen die Höhe des Barometers in der Abbasieh = 35 Meter über dem Meer, wie schon in einer ersten Veröffentlichung in Petermann's geographischen Mittheilungen, 1875, S. 208 und S. 211 angegeben ist. Ich hatte mich ausserdem im April 1874 mit Unterstützung des deutschen Viceconsuls in Kairo, Herrn Travers, an General Stone gewendet, mit der Bitte, es möchte der Höhenunterschied zwischen dem Nilometer und der Station Abbasieh nivellirt werden, und derselbe hatte die Güte, am 15. August 1875 mitzutheilen:

„The height of the position of the barometer at the Observatory at Abbasieh, above the mean level of the sea was determined by officers immediatly after you made the request, that height is 33 mètres instead of 35 as you had supposed.“

Die Meereshöhe 33^m der meteorologischen Station Abbasieh ist somit vollkommen sicher gestellt. (Herr Director Hann in Wien hatte früher auf anderem barometrischem Weg hiefür die Meereshöhe 37.8 Meter abgeleitet. S. Zeitschr. d. österr. Gesellsch. f. Meteorologie, 1875 S. 61.)

Die Höhenmarke in Hamrah bei Siut wurde am 13. December 1873 sofort aufgefunden, sie befindet sich an der rechtseitigen Portalmauer der Militärschule unmittelbar am Nil, 60^{cm} über dem Boden, sie besteht aus einem gusseisernen Cylinder von 13^{cm} Durchmesser, der mit horizontaler Axe eingemauert ist und die Inschrift trägt: „Nivellement ig^{al} de l'Egypte au dessus de la méditerranée“. (Aehnliche Höhenmarken findet man zahlreich in den Strassen von Kairo.) Die Uebertragung auf die etwa 2 Kilometer entfernte, in Siut gelegene Wohnung von Mr. Hogg, machte ich im December nur ein mal durch Hin- und Hergehen mit dem Aneroid Naudet und fand dabei die barometrische Differenz Hamrah—Siut = + 0.37^{mm}. Die Absicht, bei der Rückkunft die Messung zu wiederholen, wurde zwar vereitelt, weil

der kurze Aufenthalt am 13. April nur zur Ortszeitbestimmung für den Chronometerabschluss hinreichte, doch hatte später Mr. Hogg selbst die Güte, diese Operation mit einem ihm von Karlsruhe geschickten Aneroid zu wiederholen. Er fand an 4 verschiedenen Tagen die barometrischen Differenzen $+0.48^{mm}$, -0.50^{mm}, $+0.58^{mm}$, $+0.73^{mm}$. Indem man die zweite ausscheidet, weil sie wahrscheinlich von einem Ablesefehler von 1^{mm} herrührt, und den obigen Werth $+0.37^{mm}$ mit zweifachem Gewicht zuzieht, erhält man im Mittel $+0.51^{mm} = -5.7^{mm}$ Höhendifferenz, und da die Meereshöhe der Marke $= 53^{m}.104$ ist, hat man die Meereshöhe des Stationsbarometers von Mr. Hogg = 59 Meter. Dass diese Zahl jedenfalls auf $1-2^{m}$ sicher ist, zeigt schon der Anblik der Oertlichkeit. Hamrah und Siut sind, wie überall im Nilthal, durch einen Damm verbunden, welcher gerade so hoch ist, dass er zur Zeit der Nilüberschwemmung die Verbindung herstellen kann und deswegen nahezu horizontal sein muss. Die Wohnung von Mr. Hogg liegt im südlichen etwas erhöhten Theil von Siut und die Haushöhe beträgt etwa 4 Meter.

Wir haben somit mit aller wünschenswerthen Sicherheit die zwei Hauptresultate:

Meereshöhe des Stationsbarometers in der Abbasieh bei Kairo = 33 Meter,
„ „ „ von Mr. Hogg in Siut = 59 „

Der Nilwasserspiegel fand sich am 13. December 1873 in Hamrah 4.74 Meter unter der Höhenmarke und am 13. April 1874 7.30 Meter unter derselben. Man berechnet hieraus mit Zuziehung der Angaben von S. 174 für Kairo, dass das Hochwasser in Hamrah (im September) die Meereshöhe 52.1 Meter und das Niederwasser (am Anfang Juli) die Meereshöhe 45.2 Meter hat. Da aber Siut ungefähr in der Mitte zwischen Kairo und Assuan liegt, wird man auch die Schwellung dem Mittel entsprechend, nämlich 14.6 Ellen = 7.9 Meter annehmen müssen und hat also die Meereshöhe des Hochwassers = 52.6 Meter und die des Niederwassers = 44.7 Meter.

Die oben citirte Schrift von Mahmud-Bey „le système métrique actuel d'Egypte" gibt auf S. 32 noch folgende weitere wichtige Nivellementsresultate:

„Cotes relatives tirées du nivellement que nous avons récemment fait entre Assouan et Armant (Erment):

Plan supérieur du puits du nilomètre d'Edfou	$98^{m}.78$
Extrémité supérieure de la première coudée du nilomètre d'Edfou	94.35
Extrémité inférieure de la huitième coudée du nilomètre d'Edfou	90.11
Seuil supérieure de la porte inférieure du nilomètre d'Edfou	91.17
Etiage du Nil vis-à-vis Edfou le 10 Baônéh l'an 1587 Copte	88.70
Surface des eaux du Nil pendant la haute crue à Edfou	97.20
Zéro du Nilomètre d'Assouan	96.03

Nach S. 29 steht das Niederwasser in Assuan auf 1 Elle des Nilometers und das Hochwasser auf 17 Ellen, und hiernach lässt sich als Ergänzung vorstehender Meereshöhenresultate noch angeben:

Niederwasser in Assuan	$96^{m}.57$
Hochwasser in Assuan	105.23.

Einige weitere Höhenangaben enthält die auf S. 129 citirte officielle Publication von Egypten. Dieselbe war mir zwar nicht zur Verfügung, es hatte aber Herr Director Hann von Wien die Güte, die folgenden auf Höhen bezüglichen Angaben daraus mitzutheilen:

„p. 8 No. 2. Altitude des principales stations de la vallée de Nil."

Dazu die Bemerkung: Nach Nivellements ausgeführt von 1848—72 von Linant-Bey, d'Armand-Bey, Mahmoud-Bey etc. Höhen über dem mittleren Niveau des Mittelmeeres. Die Distanzen von Chartum aus in der Axe des Nilthales in Kilometern.

Chendy, directes Nivellement von Souakin, ausgeführt 1867 vom Astronomen Ismael-Bey

	Hochwasser 1866	363.23 Meter
	Tiefwasser 1867	354.76 „
Phylä 1858 Kilometer von Chartum		100.91 „
Assuan 1869 „ „ „		
Erment 2068 „ „ „		

la pente en étiage entre Assouan et Erment est d'environ 16.00 Mètres, le nivellement de cette ligne n'a pas été encore relié avec celui de Siout à la Méditerrannée

Siout 2400 Kilometer von Chartum.

Etiage de 1872 à la prise d'eau du Canal Ibrahim	44.61 Meter.
Cairo étiage théorétique au Nilomètre de Rodah	12.10 „
Barrage du Delta. Zéro de l'Echelle de cette Station	10.675 „

Es sind also zwei verschiedene Nivellements vorhanden, nämlich:

1. das oben S. 170 erwähnte von Sues über Kairo bis Siut, und
2. ein solches von Suakin (am rothen Meer) nach Schendi und Chartum (Wasserspiegel an der Vereinigung des blauen und weissen Nil = 378 Meter, siehe Hann, Zeitschrift der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie, 1875, S. 190) bis herab nach Phylä, Assuan und Erment und auf das letztere beziehen sich die Angaben von Ismael-Bey auf S. 32 seines „Système métrique actuel d'Egypte" (s. oben S. 176).

Man kann die verschiedenartigen, im Vorstehenden mitgetheilten Höhenangaben zur Construction eines Längenprofils des Nils benutzen, wodurch sie einer Probe unterworfen werden, welche beweist, dass die Resultate keine inneren Widersprüche enthalten. Für Kairo ist die letzte Angabe (étiage théorétique) etwas abweichend von der früheren von S. 171, wir behalten die Resultate von S. 171 hier bei. Durch die Längenprofilconstruction wurden auch einige Punkte interpolirt, deren Höhen in der folgenden Tafel in Klammer gestellt sind. Die Entfernungen sind nach der Thalmitte gemessen.

Gefälle des Nils.

Punkt	Entfernung von der Mündung	Meereshöhe			Gefäll	
		Fixpunkt	Hochwasser	Niederwasser		
	Kilomet.	Meter	Meter	Meter	Promille	
Mündung	0		0	0		
Kairo Nilometer	200	19.552	17.9	10.7	0.071	
Beni-Suef (Fixpunkt Bahnhof)	299	31.371	(28)	(20)		
Minieh (Moschee von Fuli) .	425	40.802	(40)	(32)	0.100	
Hamrah bei Siut	544	53.104	52.6	44.7		
Girgeh	660		(69)	(61)		
Kenneh (Denderah)	740		(81)	(73)	0.141	
Luxor } (Theben)	792		(88)	(80)		
Erment } (Theben)	800		89.0	80.6		
Esneh	845		(93)	(85)		
Edfu Nilometer (plan supérieur S. 176)	892	98.78	97.2	88.7	0.088	
Assuan	991		105.2	96.6	0.081	
Phylä	1000		109.5	100.9	0.478	1. Katarakt.
Schendi	2600		363.2	354.8	0.160	2. bis 5. Katarakt.
Chartum	2800		378		0.095	6. Katarakt.

Die Resultate für Hochwasser können, da der Nil im September die Ufer grösstentheils überfluthet, zugleich als Uferhöhen genommen werden.

Barometrische Höhenmessung.

Es ist für unsern Zweck die allgemeine Barometerformel durch Einführung von Mittelwerthen in den Correctionsgliedern zweiter Ordnung, entsprechend den geographischen und meteorologischen Verhältnissen des Vermessungsgebietes, zu vereinfachen. Die allgemeine Barometerformel lautet:

$$h = 18405 \left(\log \frac{B_0}{b_0} + 0.8686 \frac{h}{r}\right)(1 + 0.003665\, t)\left(1 + 0.377 \frac{e}{B}\right)(1 + 0.00255 \cos 2\varphi)\left(1 + 2 \frac{H}{r}\right)$$

wobei ist: h der zu messende Höhenunterschied, H die mittlere Meereshöhe beider Stationen und r der Erdhalbmesser in Metern; B_0 und b_0 die auf 0° reducirten Quecksilberbarometerstände an beiden Stationen, t die mittlere Lufttemperatur, e der mittlere Dunstdruck und B der mittlere Barometerstand. Als B_0 dient in unserem Falle der Barometerstand von Kairo oder Siut, für b_0 sind die in der früher angegebenen Weise reducirten Federbarometerablesungen zu nehmen. Das Glied $0.8686 \frac{h}{r}$, welches von der Aenderung des Quecksilbergewichts mit der Höhe herrührt, fällt bei Federbarometermessungen fort (es wäre ohnehin bei unseren kleinen Höhen zu vernachlässigen). Der mittlere Dunstdruck war im Winter in Kairo 7^{mm} und in der Wüste 5^{mm} also im Mittel $e = 6^{mm}$, B kann $= 755^{mm}$ genommen werden. Die Mittelbreite φ ist 27° und das letzte Glied ist ganz zu vernachlässigen. Wenn man alle diese Werthe einführt, so erhält man:

$$h = 18489 \log \frac{B_0}{b_0} (1 + 0.003665\, t) \qquad (1)$$

oder

$$h = 19506 \log \frac{B_0}{b_0}\left(1 + 0.003475\, (t - 15)\right) \qquad (2)$$

Da der mittlere, auf den Meeresspiegel reducirte Barometerstand von Kairo im Winter ungefähr 764^{mm} ist (vgl. S. 145), so erhält man mit Annahme der Mitteltemperatur $t = 15°$ aus der letzten Formel (2) noch die folgende:

$$H = 19506 (\log 764 - \log b_0), \qquad (3)$$

welche für jeden beobachteten Barometerstand b_0 die entsprechende rohe Meereshöhe H angibt. Da es für manche Zwecke sehr bequem ist, sofort aus einigen Barometerablesungen einen Näherungswerth der Meereshöhe abzuleiten, haben wir nach (3) die folgende Tafel berechnet:

Rohe Meereshöhe als Funktion des Barometerstandes.

Barometer	mm 0	mm 1	mm 2	mm 3	mm 4	mm 5	mm 6	mm 7	mm 8	mm 9
mm	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
700	741	729	717	705	693	681	669	657	645	633
710	621	609	597	585	573	562	550	538	526	514
720	502	491	479	467	456	444	432	421	409	397
730	386	374	362	351	339	328	316	305	293	282
740	270	259	248	236	225	213	202	191	179	168
750	157	145	134	123	112	100	89	78	67	56
760	44	33	22	11	0	— 11	— 22	— 33	— 44	— 55
770	— 66	— 77	— 88	— 99	— 110	— 121	— 132	— 143	— 154	— 165

Würde man hiezu nach Gl. (2) noch eine Correctionstafel für Lufttemperatur berechnen, so hätte man alles zu genauen Höhenberechnungen Erforderliche, indem jeder Höhenunterschied h als Differenz zweier Werthe H erhalten würde.

Die Gleichung (1) kann man ferner auf die Gestalt bringen:

$$h = 16060 \frac{B_0 - b_0}{B_0 + b_0} (1 + 0.003665\, t) \tag{4}$$

oder

$$h = C(B_0 - b_0)$$

wobei C ein Coefficient ist, welcher von dem mittleren Barometerstand $\frac{B_0 + b_0}{2}$ und von der mittleren Lufttemperatur t nach Maassgabe der Gl. (4) abhängig ist. C ist hiernach die Höhendifferenz in Metern, welche einer Barometerdifferenz von 1^{mm} entspricht. Die Hauptwerthe von C sind in der folgenden Tafel gegeben:

Höhendifferenz für die Barometerdifferenz von 1^{mm}.

Mittlere Lufttemperatur t	Mittlerer Barometerstand $\frac{1}{2}(B_0 + b_0)$								
	mm 780	mm 770	mm 760	mm 750	mm 740	mm 730	mm 720	mm 710	mm 700
°	m	m	m	m	m	m	m	m	m
− 5	10.07	10.24	10.37	10.51	10.66	10.80	10.95	11.10	11.26
0	10.30	10.43	10.57	10.71	10.85	11.00	11.15	11.31	11.47
+ 5	10.48	10.62	10.76	10.90	11.05	11.20	11.36	11.52	11.68
+ 10	10.67	10.81	10.95	11.10	11.25	11.40	11.56	11.72	11.89
+ 15	10.86	11.00	11.15	11.29	11.45	11.60	11.77	11.93	12.10
+ 20	11.05	11.19	11.34	11.49	11.65	11.81	11.97	12.14	12.31
+ 25	11.24	11.38	11.53	11.69	11.85	12.01	12.17	12.35	12.52
+ 30	11.43	11.57	11.73	11.88	12.05	12.21	12.38	12.55	12.73
+ 35	11.62	11.77	11.92	12.08	12.25	12.41	12.58	12.76	12.94
+ 40	11.80	11.96	12.11	12.28	12.45	12.61	12.79	12.97	13.15

Nach dieser Tafel lässt sich die Höhenberechnung in aller wünschenswerthen Genauigkeit ausführen, sobald ausser den Barometerständen selbst noch die **mittlere Lufttemperatur** t bekannt ist. Hiefür pflegte man früher allgemein das arithmetische Mittel der an beiden Stationen gleichzeitig beobachteten Lufttemperaturen zu nehmen, während sich aus verschiedenen neueren Versuchen ergeben hat, dass es besser ist, die mittlere Lufttemperatur aus Beobachtungsreihen, welche während eines längeren Zeitraumes fortgesetzt werden, zu bestimmen. Jedenfalls in unserem Falle, wo die beiden als correspondirend zu behandelnden Stationen bis zu 70 Meilen auseinander liegen, so dass sowohl die

Lufttemperatur als auch der Barometerstand ziemlich verschiedene Tagesperioden an beiden Stationen zeigen, weshalb die der anzuwendenden Formel zu Grunde liegenden Voraussetzungen nur näherungsweise zutreffen können, wäre es vollständig verfehlt, wenn für jeden einzelnen Fall die Temperatur t besonders bestimmt werden wollte. Nach der Berechnung von S. 126 und 127 ist während des ganzen Winters die mittlere Lufttemperatur des betrachteten Gebietes mit geringen Schwankungen $= 13^0$, weshalb wir diesen Werth für die ganze Dauer der Expedition als constante Lufttemperatur beibehalten werden. Die andere Bestimmungsgrösse von C, nämlich der mittlere Barometerstand kann ebenfalls constant angenommen werden, etwa 755^{mm}, denn die Oasen und alle wichtigen Punkte liegen ungefähr in Meereshöhen zwischen 0 und 100^m und bei den höheren Punkten, bei welchen der mittlere Barometerstand $= 740^{mm}$ wäre, käme ein Rechenfehler von $1-2\%$, abgesehen von anderen Gründen, schon deswegen nicht in Betracht, weil die Oertlichkeit der betreffenden Stationen gar nicht entsprechend genau bestimmt ist. Der Lufttemperatur 13^0 und dem Barometerstand 755^{mm} entspricht der Coefficient $C = 11.1$, womit die Hauptberechnung durchgeführt werden soll.

Nachdem die Tagesmittel des Luftdrucks an verschiedenen Punkten der libyschen Wüste auf S. 139 und 140 berechnet sind, sind die entsprechenden Tagesmittel für die correspondirenden Stationen Kairo und Siut anzugeben. Für Kairo sind dieselben in aller wünschenswerthen Genauigkeit vorhanden, wie die folgenden Tafeln auf S. 182, 183, 184 und 185 zeigen, deren Monatsmittel bereits auf S. 143 mitgetheilt sind. In Siut sind von Mr. Hogg täglich drei Aneroidablesungen gemacht worden, nämlich Morgens, Mittags und Abends. Um hieraus Tagesmittel zu bilden, wurden diese Beobachtungen gemeinsam mit denen von Kairo graphisch aufgetragen, und da die tägliche Periode des Luftdrucks in Kairo und Siut nicht wesentlich verschieden sein wird, schien es wohl zulässig, auch durch die drei täglichen Siuter Punkte durchlaufende Curven zu legen, welche allerdings in der Nachtzeit einigermassen willkürlich verlaufen. Die mittlere Ordinatendifferenz jedes Tages konnte hieraus mit dem Zirkel abgenommen werden und gab, zu dem Tagesmittel von Kairo zugefügt, auch das Tagesmittel von Siut. So sind die Zahlen der Tafel auf S. 186 erhalten. Die Lücken fallen auf Sonntage, an denen Mr. Hogg nicht beobachtet hat. Die Kairoer Beobachtungen wurden von Ismael-Bey durchaus in Originalablesungen mitgetheilt. Die Reduction auf 0^0 wurde nachher angebracht. Die Siuter Beobachtungen von Mr. Hogg sind nach der Formel von S. 91 (Secretan) mit dem Mittel $+ 3.5^{mm}$ der Standcorrectionen von S. 94 reducirt. Die Tageszeit ist durchaus in bürgerlicher Weise gezählt.

Luftdruck in Kairo, December 1873.

Monatstag	Mittlere Ortszeit								Mittel
	3^h	6^h	9^h	12^h	3^h	6^h	9^h	12^h	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1	760.1	759.8	760.0	760.1	759.7	760.6	760.9	761.3	760.3
2	761.0	761.6	762.5	762.7	762.3	762.7	763.5	763.8	762.5
3	763.4	763.2	763.5	763.4	762.8	763.3	763.5	763.8	763.4
4	763.8	763.8	763.9	763.1	763.0	763.2	763.5	763.7	763.7
5	763.8	763.3	763.4	763.2	762.8	762.4	762.9	763.2	763.1
6	763.1	762.7	762.6	762.1	761.0	761.0	761.3	761.6	761.9
7	761.6	762.1	762.3	761.3	761.0	761.1	761.5	761.6	761.5
8	761.5	761.3	761.5	760.9	760.3	760.8	761.4	761.6	761.1
9	761.1	761.2	761.4	761.6	760.9	761.1	761.5	761.2	761.3
10	761.7	761.7	762.1	761.9	761.6	761.9	762.0	762.3	761.9
11	762.2	762.0	761.9	761.1	759.9	760.6	761.0	761.2	761.2
12	761.1	760.8	761.0	761.4	761.8	761.5	761.8	762.0	761.4
13	761.9	762.0	761.7	761.4	761.1	761.2	761.6	761.9	761.6
14	761.9	762.1	761.7	761.5	760.6	761.2	761.5	761.8	761.5
15	761.8	761.5	761.5	761.6	761.4	761.5	762.0	762.6	761.7
16	762.8	763.2	762.9	762.6	762.4	762.6	762.8	763.1	762.8
17	762.8	762.6	762.9	762.4	761.4	761.6	762.2	762.4	762.3
18	761.3	760.8	760.8	759.5	758.4	757.6	757.9	757.8	759.3
19	757.1	755.3	755.0	754.5	757.0	755.4	757.0	757.5	756.1
20	757.4	757.3	755.3	759.2	759.2	759.7	760.3	760.7	758.6
21	761.4	762.8	763.4	764.0	763.7	764.9	765.7	766.0	764.0
22	765.9	765.6	765.6	765.4	764.8	764.8	765.1	765.3	765.3
23	765.1	764.8	764.6	764.3	763.7	764.0	764.5	764.9	764.5
24	764.4	763.8	763.2	761.9	761.3	761.6	761.7	762.1	762.5
25	761.4	760.8	760.8	759.4	759.1	759.0	759.3	759.5	759.9
26	759.0	758.7	758.3	757.8	756.9	757.7	758.0	758.9	758.1
27	758.3	758.7	758.7	758.4	757.7	758.0	758.8	759.1	758.4
28	759.0	759.1	759.6	759.6	759.5	760.1	760.5	760.8	759.7
29	760.8	761.0	762.4	762.8	762.8	763.6	764.5	764.8	762.8
30	764.7	764.7	766.1	765.7	765.3	765.2	765.3	765.5	765.3
31	765.5	765.4	765.2	764.6	764.0	764.2	763.9	763.8	764.7
Mittel	761.8	761.7	761.8	761.6	761.2	761.4	762.1	762.1	761.7

Luftdruck in Kairo, Januar 1874.

Monatstag	Mittlere Ortszeit								Mittel
	3h	6h	9h	12h	3h	6h	9h	12h	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1	769.3	763.5	763.6	762.5	760.9	761.3	761.8	762.0	762.4
2	762.0	761.9	762.7	762.9	762.4	763.0	763.4	763.6	762.7
3	763.9	764.5	764.7	764.2	764.0	764.2	764.4	764.6	764.3
4	764.5	764.2	764.3	763.8	762.7	763.1	763.5	763.7	763.7
5	763.5	763.2	763.5	763.2	762.3	761.8	762.0	762.2	762.7
6	761.3	759.4	759.5	757.8	757.3	756.8	757.2	757.3	758.3
7	757.4	757.7	759.3	760.2	760.2	760.4	760.9	761.2	759.6
8	761.6	761.9	762.0	762.2	761.6	762.0	762.2	762.7	762.0
9	762.5	762.4	762.6	764.0	761.6	761.5	761.7	762.0	762.2
10	761.8	761.5	761.4	760.9	760.2	760.7	761.4	761.7	761.2
11	761.4	761.2	761.5	760.9	759.6	759.4	760.5	760.8	760.6
12	760.6	760.7	761.2	761.3	760.6	760.5	760.7	760.9	760.8
13	760.7	760.8	761.0	760.7	759.8	760.0	760.5	760.8	760.5
14	759.3	760.3	760.8	761.1	760.7	761.0	761.2	761.4	760.7
15	761.8	762.3	762.6	762.5	762.2	762.3	762.6	764.0	762.5
16	762.9	763.2	763.5	763.2	763.2	763.3	763.7	764.0	763.3
17	764.1	764.3	764.8	764.6	763.8	764.3	764.9	765.3	764.5
18	766.0	766.1	766.5	765.5	764.4	765.5	765.8	766.0	765.7
19	766.0	765.5	765.6	765.6	765.0	765.1	765.6	765.8	765.5
20	765.5	765.0	764.3	764.4	762.6	762.8	763.2	763.5	763.9
21	763.0	762.5	762.4	761.1	760.8	760.8	760.5	760.7	761.4
22	760.4	760.0	760.1	759.1	757.4	757.5	758.0	758.4	758.8
23	757.6	756.9	756.6	756.5	755.6	755.3	755.7	755.9	756.2
24	757.3	758.5	759.0	759.1	758.4	759.1	759.4	759.7	758.8
25	760.3	761.0	761.3	761.2	761.2	761.6	761.9	762.2	761.3
26	761.7	761.9	762.5	762.8	762.3	762.5	762.8	763.0	762.4
27	762.7	762.6	762.7	761.0	760.2	759.3	759.1	758.9	760.8
28	757.8	756.9	756.9	756.3	755.2	755.6	756.1	756.2	756.3
29	756.5	756.8	757.3	756.2	756.1	756.5	757.0	757.2	756.7
30	755.1	750.2	749.2	748.7	748.9	749.9	750.4	751.4	750.4
31	752.7	753.3	753.9	754.6	754.8	756.5	757.8	758.1	755.2
Mittel	761.3	761.0	761.2	760.9	760.2	760.4	760.8	761.1	760.9

Luftdruck in Kairo, Februar 1874.

Monatstag	Mittlere Ortszeit								Mittel
	3^h	6^h	9^h	12^h	3^h	6^h	9^h	12^h	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1	758.0	757.9	758.0	757.7	757.2	758.1	758.8	759.0	758.0
2	758.6	757.4	757.6	757.3	756.7	756.9	757.2	757.5	757.4
3	757.2	757.0	757.6	757.6	757.1	757.3	757.8	758.2	757.4
4	759.1	759.5	760.1	760.0	759.6	760.0	760.2	760.5	759.8
5	760.2	759.9	759.7	759.6	759.3	760.0	760.2	760.5	759.9
6	760.2	760.0	760.0	759.5	757.4	756.6	757.4	758.1	758.6
7	758.7	759.7	760.5	761.0	760.8	761.4	762.2	763.0	760.9
8	763.8	765.1	765.8	765.8	764.9	766.0	766.5	766.7	765.5
9	766.6	766.2	766.4	765.9	765.0	764.9	765.4	765.6	765.7
10	765.3	764.5	764.5	763.9	763.4	763.4	763.4	763.7	764.0
11	764.0	764.1	764.4	763.9	763.5	763.4	763.7	763.9	763.8
12	763.5	763.3	763.5	763.0	761.5	761.7	762.3	762.8	762.7
13	763.2	764.1	765.1	765.0	764.2	764.8	765.2	765.4	764.6
14	765.6	765.8	765.6	764.9	764.9	765.7	765.9	766.0	765.5
15	766.0	765.9	766.0	765.2	764.5	764.5	764.5	764.7	765.1
16	764.3	763.8	763.8	763.2	762.9	763.3	763.6	763.8	763.5
17	764.9	765.6	766.1	765.7	765.2	765.9	766.4	766.6	765.8
18	766.4	766.6	767.0	766.7	766.1	766.0	766.4	766.6	766.4
19	765.7	765.1	765.5	765.0	764.3	764.3	764.2	764.2	764.7
20	763.4	762.7	762.2	761.6	760.5	760.3	761.0	761.3	761.6
21	761.2	761.1	761.4	760.6	759.8	759.9	760.5	760.8	760.6
22	760.9	760.6	760.6	758.8	756.6	756.3	757.1	757.4	758.5
23	759.0	759.9	759.8	760.9	760.7	760.9	761.3	761.6	760.4
24	761.5	761.8	762.1	761.7	761.8	761.9	762.4	762.7	761.9
25	760.8	761.5	761.4	761.7	760.2	760.3	761.0	761.2	761.0
26	761.2	760.6	761.2	760.1	759.7	758.7	759.1	759.3	759.9
27	758.6	758.0	757.3	756.1	755.5	755.7	756.1	756.5	756.7
28	757.0	756.9	756.9	756.4	755.9	756.2	756.6	757.0	756.6
Mittel	762.0	761.9	762.1	761.8	761.4	761.2	761.6	761.9	761.7

Luftdruck in Kairo, März 1874.

Monatstag	Mittlere Ortszeit								Mittel
	3^h	6^h	9^h	12^h	3^h	6^h	9^h	12^h	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1	757.7	758.0	758.5	759.3	759.8	759.9	760.2	760.5	759.2
2	760.4	760.2	760.5	760.2	759.2	759.0	759.3	759.4	759.7
3	758.9	757.3	755.4	754.5	755.4	755.6	755.9	756.3	756.1
4	756.8	757.2	758.0	757.8	757.8	758.0	758.0	758.3	757.7
5	758.0	757.8	758.2	758.4	758.6	759.1	760.1	760.5	758.8
6	761.0	761.1	762.4	762.3	761.8	761.9	762.3	762.6	761.9
7	761.8	761.4	761.7	761.3	759.9	759.7	760.9	761.3	761.0
8	761.0	760.7	761.9	763.3	763.1	763.6	764.8	765.2	762.9
9	765.2	765.2	765.6	765.6	765.1	765.4	766.5	766.9	765.6
10	766.9	766.3	766.4	765.1	764.0	764.1	764.2	764.4	765.1
11	763.8	762.7	762.0	761.5	760.5	759.5	760.1	760.4	761.3
12	760.7	761.1	761.7	761.6	761.3	761.5	761.6	761.8	761.4
13	761.8	761.6	762.1	761.3	760.1	759.8	760.5	760.7	760.9
14	760.8	760.3	760.4	759.3	757.4	757.9	758.6	759.0	759.2
15	759.3	758.9	759.6	759.5	758.1	757.9	758.7	759.0	758.8
16	759.5	759.7	760.4	760.8	760.3	760.6	761.1	761.3	760.4
17	761.0	760.5	760.8	760.0	759.0	759.7	760.2	760.4	760.2
18	761.7	760.5	760.6	757.6	756.5	756.3	756.6	756.9	758.3
19	757.3	757.7	758.0	758.4	758.7	759.6	761.0	761.3	759.0
20	761.2	761.0	761.0	760.8	759.6	759.0	759.6	759.9	760.2
21	759.4	758.1	756.4	755.7	755.3	755.9	757.1	758.5	757.0
22	758.2	758.2	758.7	758.4	756.8	756.3	756.4	756.6	757.4
23	756.3	755.9	756.6	757.1	757.1	757.7	759.0	759.2	757.3
24	759.5	759.9	759.9	760.0	759.6	759.5	759.8	759.9	759.7
25	759.0	758.7	758.2	757.6	757.2	755.5	754.0	753.6	756.7
26	754.1	754.9	756.4	756.7	756.9	757.3	757.8	758.1	756.5
27	758.4	758.8	759.8	759.9	759.6	760.1	760.7	761.0	759.7
28	762.6	763.1	763.7	763.1	762.9	763.8	764.5	764.9	763.5
29	764.8	764.7	765.0	764.4	763.3	763.3	763.8	764.2	764.1
30	763.9	762.9	763.3	763.1	762.5	762.4	763.1	763.4	763.0
31	763.2	763.0	763.7	763.3	762.8	762.7	763.4	763.7	763.2
Mittel	760.5	760.2	760.5	760.3	759.7	759.8	760.3	760.6	760.2

Tagesmittel des Luftdrucks in Kairo und Siut.
Kairo 33^m, Siut 59^m über dem Meer.

Monatstag	Kairo	Siut	Diff.	Kairo	Siut	Diff.	Kairo	Siut	Diff.	Kairo	Siut	Diff.
	December 1873			Januar 1874			Februar 1874			März 1874		
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1	760.3			762.4	761.5	0.9	758.0			759.2		
2	762.5			762.7	762.2	0.5	757.4	756.4	1.0	759.7	757.6	2.1
3	763.4			764.3	763.4	0.9	757.4	758.4	— 1.0	756.1	754.4	1.7
4	763.7			763.7			759.8	760.8	— 1.0	757.7	755.0	2.7
5	763.1			762.7	760.7	2.0	759.9	760.9	— 1.0	758.8	756.6	2.2
6	761.9			758.3	756.3	2.0	758.6	760.6	— 2.0	761.9	759.7	2.2
7	761.5			759.6	759.0	0.6	760.9	763.5	— 2.6	761.0	760.0	1.0
8	761.1			762.0	761.0	1.0	765.5			762.9		
9	761.3			762.2	760.6	1.6	765.7	765.2	0.5	765.6	764.6	1.0
10	761.9			761.2	760.3	0.9	764.0	764.5	— 0.5	765.1	764.5	0.6
11	761.2			760.6			763.8	764.2	— 0.4	761.3	758.4	2.9
12	761.4			760.8			762.7	763.3	— 0.6	761.4	757.5	3.9
13	761.6			760.5	760.5	0.0	764.6	764.2	0.4	760.9	758.3	2.6
14	761.5			760.7	760.2	0.5	765.5	765.9	— 0.4	759.2	757.0	2.2
15	761.7			762.5	761.1	1.4	765.1			758.8		
16	762.8	760.3	2.5	763.3	762.5	0.8	763.5	761.9	1.6	760.4	759.4	1.0
17	762.3	759.8	2.5	764.5	764.5	0.0	765.8	765.5	0.3	760.2	760.5	— 0.3
18	759.3	758.1	1.2	765.7			766.4	766.1	0.3	758.3	756.4	1.9
19	756.1	756.8	— 0.7	765.5	764.5	1.0	764.7	761.9	2.8	759.0	759.0	0.0
20	758.6	760.6	— 2.0	763.9	761.5	2.4	761.6	758.8	2.8	760.2	761.2	— 1.0
21	764.0			761.4	759.0	2.4	760.6	757.7	2.9	757.0	757.3	— 0.3
22	765.3	764.2	1.1	758.8	755.8	3.0	758.5			757.4		
23	764.5	762.3	2.2	756.2	755.1	1.1	760.4	757.6	2.8	757.3	757.3	0.0
24	762.5	760.6	1.9	758.8	757.6	1.2	761.9	759.3	2.6	759.7	758.8	0.9
25	759.9	758.8	1.1	761.3			761.0	757.9	3.1	756.7	755.7	1.0
26	758.1	758.1	0.0	762.4	761.4	1.0	759.9	757.1	2.8	756.5	755.1	1.4
27	758.4	759.3	— 0.9	760.8	760.2	0.6	756.7	754.1	2.6	759.7	759.7	0.0
28	759.7			756.3	756.3	0.0	756.6	755.7	0.9	763.5	762.7	0.8
29	762.8	763.3	— 0.5	756.7	755.7	1.0				764.1		
30	765.3	764.8	0.5	750.4	751.6	— 1.2				763.0	760.5	2.5
31	764.7	763.4	1.3	755.2	757.7	— 2.5				763.2	761.4	1.8
	(761.7)			(760.9)			(761.7)			(760.2)		
Mittel	761.4	760.7	0.7	760.5	759.6	0.9	761.6	760.9	0.7	760.1	758.8	1.3

Der Höhenunterschied der Stationsbarometer in Kairo und Siut ist 59 — 33 = 26^{m}, und es sollte deswegen die barometrische Differenz Kairo—Siut = 2.3^{mm} sein, sie ist jedoch nach vorstehender Tafel im Allgemeinen kleiner, nämlich:

December	14	Tage	barometrische	Differenz	=	0.7^{mm}
Januar	26	„	„	„		0.9
Februar	24	„	„	„		0.7
März	26	„	„	„		1.3
			Allgemeines Mittel			0.9^{mm}

Da bei gleichem Luftdruck in horizontalen Schichten die Differenz 2.3^{mm} betragen sollte, so besteht eine Abweichung von 1.4^{mm} von der Normalität, und man muss hiernach annehmen, dass, wenn Kairo auf der Winter-Isobare 763.9^{mm} liegt, Siut auf die Isobare 765.3^{mm} fällt. (Vgl. S. 145.)

Die grössten Widersprüche zwischen der theoretischen und der beobachteten Barometerdifferenz fallen in die erste Hälfte des Februar, am 7. Februar ist die Differenz = — 2.6^{mm}, während sie + 2.3^{mm} sein sollte, also Abweichung = 4.9^{mm} und wenn an diesem Tage aus einem beobachteten Barometerstand in der Wüste die Meereshöhe durch Vergleichung mit den Barometerständen von Kairo und Siut bestimmt werden soll, so entsteht ein Widerspruch von 54^{m}. Glücklicherweise waren wir zu jener Zeit im südlichen Theile des Sandmeeres, wo eine Unsicherheit in der Meereshöhe geographisch wenig wichtig ist.

Das rationellste Mittel zur Höhenberechnung wäre nun die Construction von Isobaren, über deren Verlauf vorerst so viel erkannt worden ist, dass die Winter-Isobare 763.9^{mm} durch Kairo geht, und dass Siut auf die Isobare 765.3^{mm} zu liegen kommt, ferner können die normalen Barometerstände von Port-Said, Ismailia und Sues zugezogen werden und die übrigen zu diesem Zweck auf S. 146—147 zusammengestellten barometrischen Ergebnisse. Auch können die Resultate über Windrichtung, welche wir auf S. 147—149 gefunden haben, nach dem Buys-Ballot'schen Gesetz verwerthet werden, sogar die Temperaturverhältnisse von S. 126 und 127 können zugezogen werden; allein alle in dieser Beziehung angestellten Versuche führten zu dem Resultat, dass es unmöglich ist, aus dem vorgeführten Material Isobaren, welche dem Buys-Ballot'schen Gesetze genügten, mit irgend welcher Sicherheit zu construiren. Auch die Isobarenkarten von Buchan, Wojeikoff und Mohn geben durchaus keine Anhaltspunkte zu einer auf ungleiche Druckvertheilung in horizontalen Schichten Rücksicht nehmenden Höhenberechnung. Uebrigens lassen sich auch auf einfachere Weise Höhenresultate gewinnen, deren mittlerer zu fürchtender Fehler nicht mehr als 10—20 Meter betragen wird, und wesentlich bessere Resultate würden auch wohl nicht zu erzielen sein, wenn der normale Verlauf der Isobaren in der libyschen Wüste bekannt wäre; die Lösung der gestellten Aufgabe böte vielmehr ein allgemeineres meteorologisches Interesse. Offenbar ist das betrachtete Gebiet für solche Aufgaben zu klein, dagegen ist zu hoffen, dass die auf demselben gesammelten Einzelresultate bei einer Gesammtbearbeitung der Meteorologie von Afrika zu verwerthen sein werden.

Nach diesen Ueberlegungen schien es das Einfachste, die Widersprüche in den Höhen proportional den Entfernungen von den correspondirenden Stationen Kairo und Siut zu vertheilen und auf solche

Weise wurde die folgende Höhenberechnung für die Hauptpunkte, an denen Tagesreihen des Luftdrucks beobachtet sind, ausgeführt. In der letzten Spalte sind die Mittel angegeben, welche man erhält, wenn man die Differenz der Resultate in den beiden vorhergehenden Spalten in der angegebenen Weise vertheilt.

Berechnung der barometrischen Höhen der Hauptpunkte.

Ort und Zeit	Q_0	Kairo Q_0	Siut Q_0	ΔB	$\Delta B'$	Δh	$\Delta h'$	Meereshöhe v. Kairo $33 + \Delta h$	Meereshöhe v. Siut $59 + \Delta h'$	Mittel
	mm	mm	mm	mm	mm	m	m	m	m	m
Bir-Keraui 28. bis 29. Dec.	758.4	761.2	761.9	— 2.8	— 3.5	+ 31	+ 39	64	98	86
Farafrah 31. Dec.	761.2	764.7	763.4	— 3.5	— 2.2	+ 39	+ 24	72	83	
„ 1. Jan.	759.4	762.4	761.5	— 3.0	— 2.1	+ 33	+ 23	66	82	
„ 2. „	760.3	762.7	762.2	— 2.4	— 1.9	+ 27	+ 21	60	80	
Mittel				— 3.0	— 2.1			66	82	76
Dachel 9. Jan.	755.6	762.2	760.6	— 6.6	— 5.0	+ 73	+ 55	106	114	
„ 10. „	755.7	761.2	760.3	— 5.5	— 4.7	+ 61	+ 52	94	111	
„ 11. „	756.0	760.6		— 4.6		+ 51		84		
„ 12. „	755.5	760.8		— 5.3		+ 59		92		
„ 13. „	754.9	760.5	760.5	— 5.6	— 5.6	+ 62	+ 62	95	121	
Mittel				— 5.5	— 5.1			94	115	108
Einsiedel I 19. Jan.	753.6	765.5	764.5	— 11.9	— 10.9	+ 132	+ 121	165	180	
„ 20. „	751.6	763.9	761.5	— 12.3	— 9.9	+ 136	+ 110	169	169	
Mitte				— 12.1	— 10.4			167	174	172
Einsiedel II 23. Jan.	735.9	756.2	755.1	— 20.3	— 19.2	+ 225	+ 213	258	272	
„ 24. „	737.4	758.8	757.6	— 21.4	— 20.2	+ 337	+ 224	270	283	
Mittel				— 20.8	— 19.7			264	277	273
Regenfeld 29. Jan.	720.3	756.7	755.7	— 36.4	— 35.4	+ 404	+ 393	437	452	
„ 30. „	718.5	750.4	751.6	— 31.9	— 33.1	+ 354	+ 367	487	426	
„ 31. „	723.3	755.2	757.7	— 31.9	— 34.4	+ 354	+ 382	487	441	
„ 1. Feb.	722.3	758.0		— 35.7		+ 396		529		
„ 2. „	720.6	757.4	756.4	— 36.8	— 35.8	+ 408	+ 397	441	456	
„ 3. „	723.6	757.4	758.4	— 33.8	— 34.8	+ 375	+ 386	408	445	

Ort und Zeit	Q_0	Kairo Q_0	Siut Q_0	$\varDelta B$	$\varDelta B'$	$\varDelta h$	$\varDelta h'$	Meereshöhe v. Kairo $33 + \varDelta h$	Meereshöhe v. Siut $59 + \varDelta h'$	Mittel
	mm	mm	mm	mm	mm	m	m	m	m	m
Regenfeld 4. Feb.	725.6	759.8	760.8	— 34.2	— 35.2	+ 380	+ 391	413	450	
„ 5. „	725.7	759.9	760.9	— 34.2	— 35.2	+ 380	+ 391	413	450	
Mittel				— 34.4	— 34.8			452	446	449
Sandheim 12. Feb.	748.3	762.7	763.3	— 14.4	— 15.9	+ 160	+ 166	193	225	211
Siuah 21. „	765.1	760.6	757.7	+ 4.5	+ 7.4	— 50	— 82	— 17	— 23	
„ 22. „	763.3	758.5		+ 4.8		— 53		— 20		
„ 23. „	767.0	760.4	757.6	+ 6.6	+ 9.4	— 73	— 104	— 40	— 45	
„ 24. „	768.3	761.9	759.3	+ 6.4	+ 9.0	71	— 100	— 38	— 41	
Mittel				+ 5.6	+ 8.9			— 29	— 36	— 32
Beharieh 7. März	754.4	761.0	760.0	— 6.6	— 5.6	+ 73	+ 62	106	121	113
Chargeh 24. „	757.2	759.7	758.8	— 2.5	— 1.6	+ 28	+ 18	61	77	
„ 25. „	755.0	756.7	755.7	— 1.7	— 0.7	+ 19	+ 8	52	67	
Mittel				— 2.1	— 1.1			57	72	68
Esneh 1. Apr.	754.5	761.8	759.1	— 7.3	— 4.6	+ 81	+ 51	114	110	
„ 2. „	754.1	760.2	757.5	— 6.1	— 3.4	+ 68	+ 38	101	97	
„ 3. „	754.9	760.7	758.4	— 5.8	— 3.5	+ 64	+ 39	97	98	
Mittel				— 6.4	— 3.8			104	102	103

In Dachel sind noch Aneroidablesungen von 38 weiteren Tagen im Januar, Februar und März vorhanden von den Herren Rohlfs, Ascherson und Remelé. Dieselben geben im Mittel die barometrische Differenz 6.9^{mm} gegen Kairo und 6.1^{mm} gegen Siut, woraus die Meereshöhen bezw. 110^{m} und 127^{m} für Dachel folgen, und wenn man nach der oben angegebenen Methode das Mittel nimmt, erhält man 121^{m} oder 13^{m} mehr als auf S. 188 gefunden wurde. Diese Uebereinstimmung ist befriedigend; es schien geboten, das obige Resultat 108^{m} beizubehalten, weil bei der letzteren Reihe Nachtbeobachtungen gänzlich fehlen, auch die Instrumentencorrectionen theilweise unsicher sind und im Februar die Barometerdifferenz Kairo – Siut sehr abnorm ist.

In Dachel befand sich das Barometer in dem Wohnhaus der Expedition, 8 Meter über der Erdfläche an dessen Eingang und 12 Meter über der Hauptquelle an der Moschee, es sind also die Meereshöhen dieser zwei Punkte bezw. 100^{m} und 96^{m}. Auch in Siuah wohnten wir in einem Hause 4 Meter über dem Karavannenhof, dessen Meereshöhe hiernach $= - 36^{m}$ würde. Die übrigen Höhenzahlen be-

ziehen sich unmittelbar auf die Erdfläche und nahezu auch auf die Quellenmündungen mit Ausnahme von Beharieh, wo die Quellen in Vertiefungen noch 10 bis 15 Meter unter der übrigen Oasenfläche liegen.

Die Höhe von Esneh ergab sich barometrisch = 103^m (S. 189). Der Beobachtungspunkt befand sich in dem oberen Stockwerk des khedivischen Sommerpallastes im Norden der Stadt am Nil. Für die Reduction der Höhe auf das Nilufer sind etwa 8 Meter abzuziehen, wornach die Meereshöhe des Nilufers = 95^m wird, was mit dem genauen Resultat 93^m von S. 178 vorzüglich stimmt.

Eine zweite solche Probe wird durch den Abschluss von Dr. Schweinfurth in Girgeh gewonnen. Wie auf S. 94 berichtet, machte derselbe mit dem Aneroid Chevallier in der Oase Chargeh und auf seinem Heimweg bis Girgeh Beobachtungen. An letzterem Orte sind die Differenzen seiner Ablesungen gegen Kairo die folgenden (die Kairoer Barometerablesungen sind auch noch für April von Ismael-Bey mitgetheilt, jedoch nicht mehr mit den übrigen auf S. 182—185 abgedruckt; die Beobachtungen von Mr. Hogg in Siut dagegen waren zu jener Zeit schon abgebrochen):

Am 22., 23., 24., 25. April barometrische Differenz Kairo—Girgeh bezw. = 6.3^{mm}, 4.9^{mm}, 4.2^{mm}, 4.1^{mm} im Mittel $4.9^{mm} = 54^m$ Höhendifferenz, somit Höhe von Girgeh = $33 + 54 = 87^m$ über dem Meer. Schweinfurth gibt an, dass er circa 30 Fuss über dem Nilwasserspiegel beobachtet hat, wornach Meereshöhe des Nilwasserspiegels = $87 - 9^m = 78^m$, was zugleich als Meereshöhe des Niederwassers angenommen werden kann. Nach S. 178 beträgt diese Höhe 61^m.

Nach den ausführlichen Genauigkeitsnachweisen von S. 188—189 scheint es nun nicht mehr geboten, die übrigen Höhenberechnungen mitzutheilen, zumal da dieselben nicht numerisch, sondern graphisch ausgeführt worden sind.

Zu diesem Zweck wurden die sämmtlichen, während der ganzen Dauer der Expedition in Kairo, Siut und in der Wüste gemachten Barometerbeochtungen auf einem längenprofilartig behandelten Liniennetze aufgetragen (im Maassstab 1 Stunde = 4^{mm} für die Abscissen [ganze Länge = 10 Meter] und 1^{mm} Barometer = 3^{mm} Ordinate, einen Theil dieser Zeichnung zeigt der untere Theil von Tafel IV in kleinerem Maassstab).

Indem die Barometerstände von Oben nach Unten wachsend eingezeichnet wurden, erhält man so bei verticaler Ortsveränderung sofort eine Art Längenprofil der auf- und absteigenden Marschlinie. Auf den Lagerplätzen (welche auf Tafel IV schraffirt angedeutet sind) sollte die Barometercurve horizontal verlaufen, wenn keine allgemeine Luftdrucksänderung statt fände. Wenn ferner keine anderen Luftdrucksänderungen vorkämen, als solche, welche sich auf das ganze in Betracht genommene Gebiet gleichzeitig erstrecken, so müssten die Curven für die Basisstationen Kairo und Siut durchaus parallel im Abstand von 2.3^{mm} verlaufen. Alle Abweichungen von dem normalen Verhalten des Luftdrucks zeigen die besprochenen Curven, aus denen aber ausserdem ersichtlich wird, welch' grossen Werth die correspondirenden Stationen trotz ihrer bedeutenden Entfernung für die Höhenberechnung haben. Die Höhendifferenzen aller Punkte des Itinerars gegen Kairo und Siut können aus der Zeichnung unmittelbar mit dem Zirkel abgenommen werden. Die Fehlervertheilung ist in allen Fällen nach dem früher angegebenen Princip bewirkt worden.

Die Resultate sind die folgenden:

Bezeichnung des Punktes*)	Höhe über dem Meer Meter	Bezeichnung des Punktes	Höhe über dem Meer Meter
Hamrah bei Siut, Nilufer	53	Einsiedel I	172
Todtenstadt bei Siut	70	Lager 21. Januar	222
Todtenberg bei Siut	220	Einsiedel II	272
Lager 18. December bei Beni Ahdi	60	Lager 26. Januar	339
Kloster Marak	50	„ 27. „	386
Gebirgsrand bei Mer	96	Regenfeld	450
Lager 21. December	106	Lager 6. Februar	375
Uadi-el-flus	80	„ 7. „	348
Lager 22. December	106	Thal vor den Ammonitenbergen	253
„ 23. „	170	Ammonitenberge	353
„ 24. „	217	Lager 8. Februar	366
„ 25. „	275	„ 9. „	311
„ 26. „	233	„ 10. „	249
Gebirgsrand	248	Sandheim	211
Fuss des Gebirges	134	Lager 13. Februar	195
Bir-Mür	70	„ 14. „	145
Bir-Keraui	85	„ 15. „	115
Düne	114	„ 16. „	86
Lager 29. December	87	„ 17. „	70
Senkung vor Farafrah	57	„ 18. „	63
Farafrah	76	„ 19. „	24
Westlicher Gebirgsrand von Farafrah	275	Siuah	— 36
Uadi-Smar	58	Gebirgsrand nördlich von Siuah	110
Bir-Diker	91	Lager 25. Februar	— 37
Lager 4. Januar	172	„ 26. „	13
„ 5. „	236	Pacho-Gebirge	116
Gebirgsrand	343	Unbewohnte Oase Aradj, Lager 27. Feb.	— 80
Lager 6. Januar, Karaschaff	368	Lager 28. Februar	28
Gebirgsrand	449	Senkung Utiah	— 26
Bab-el-Jasmund	388	Lager beim Sittrah-See	— 17
Bab-el-Cailliaud	200	Sittrah-See	— 25
Thalsoole unterhalb Lüfte	131	Lager 2. März	47
Gassr-Dachel**)	100	El-garah-hamrah oben	43
Lager 16. Januar	150	„ „ unten	22
„ 17. „ in den Dünen	175	Amamet-el-Kadi oben	43

*) Bei den Lagerplätzen bezieht sich das Datum auf den Abend der Ankunft entsprechend der Bezeichnung in der Karte.

**) Vgl. hiezu die trigonometrischen Höhen S. 74.

Bezeichnung des Punktes	Höhe über dem Meer Meter	Bezeichnung des Punktes	Höhe über dem Meer Meter
Amamet-el-Kadi unten	8	Mut	58
Hauid oben	80	Lager 19. März bei Balad	103
„ unten	38	Tenidah	97
Lager 3. März	118	Lager 20. März, Kadi	255
Bahr-bela-ma oben	157	Erster Gebirgsrand	443
„ „ unten	127	Zweiter Gebirgsrand	501
Lager 4. März	185	Lager 21. März, Lebkak	543
„ 5. „	187	Gebirgsrand von Ain-Amur	523
Gebirgsrand von Beharieh	194	Ain-Amur, Ruine und Quelle	442
Fuss des Gebirges	150	Thalsoole bei Ain-Amur	301
Oase Beharieh (Bauiti)	113	Lager 22. März	219
Sattel zwischen Beharieh und Häss	162	El-Chargeh	68
Häss Lager 8. März	122	Dj. Ter	241
Ain-Chaman	125	Hügel bei Gjennah	120
Fuss des Gebirges	138	Lager 26. März am Fuss des Gebirges	78
Gebirgsrand oben	193	Gebirgsrand oben	374
Lager 9. März	203	Lager 27. März	394
Es-Sahabi	249	„ 28. „	452
Gebirgsrand oben	198	„ 29. „	455
Fuss des Gebirges	106	Gebirgsrand oben	457
Ain-el-Uadi, unbewohnte Oase	26	Lager 30. März am Fuss des Gebirges	318
Farafrah	76	Esneh, Nilufer	95
Gassr-Dachel	100		

Marsch von Rohlfs von Sittrah bis Dachel und Zittel von Sittrah bis Farafrah.

Bezeichnung des Punktes	Höhe über dem Meer Meter	Bezeichnung des Punktes	Höhe über dem Meer Meter
Lager am Sittrah-See 1. März	— 17	Lager 7. März	47
Fuss der Tafelhochebene	42	Farafrah	76
Lager 2. März auf der Tafelhochebene	104	Lager 11. März	145
Fuss der Tafelhochebene	10	„ 12. „	247
Lager 3. März	134	„ 13. „	364
„ 4. „	160	„ 14. „	402
„ 5. „	164	Dachel	100
„ 6. „	242		

Marsch von Ascherson von Dachel nach Farafrah.

Benennung des Punktes	Höhe über dem Meer Meter	Benennung des Punktes	Höhe über dem Meer Meter
Dachel	100	Lager 17. Februar	220
Bab-el-Jasmund	388	Dünenstrasse wie früher	
Lager 16. Februar	415	Farafrah	76

Höhenmessungen von Schweinfurth.

Benennung des Punktes	Höhe über dem Meer Meter	Benennung des Punktes	Höhe über dem Meer Meter
Chargeh	68	Dj. Reneiam	352
Beris	52	Lager 19. April auf der Hochebene	423
Gebirgsrand bei Beris	370	„ 20. „ „ „ „	329
Römisches Schloss bei Reneiam	110	Girgeh, Nilufer	70

Höhenberechnung nach den Barometerbeobachtungen von Cailliaud im Winter 1819 bis 1820.

Unsere allgemeinen meteorologischen Resultate (S. 137—145) gestatten, die Cailliaud'schen Barometerbeobachtungen in den Oasen, welche seit 55 Jahren das einzige Material zur Höhenbestimmung dieser Orte waren, einer verbessernden Neuberechnung zu unterziehen.

Cailliaud selbst hat keine Höhen berechnet. Nur bei Siuah wird in Betreff der Meereshöhe von ihm folgende Bemerkung gemacht (I S. 86):

„La moyenne des observations barométriques faites durant douze jours, au mois de décembre, a donné, pour celles du matin, de sept à huit heures, 766.35^{mm}; pour celles de midi à une heure, 766.71^{mm}; et pour celles de quatre à cinq heures du soir, 765.56^{mm}. La] moyenne de midi à une heure supposerait un abaissement considérable au-dessous du niveau moyen de la Méditerranée, niveau où le baromètre se tient à environ 763 millimètres. La hauteur moyenne du thermomètre centigrade, pendant le même temps a été de 21°77."

Dagegen hat nach Petermann's geogr. Mittheilungen, Ergänzungsband II S. 16 Angelot (dessen Originalwerk mir nicht zugänglich ist) aus Cailliaud's Beobachtungen die Höhe von Siuah zu — 33ᵐ berechnet und in der Petermann-Hassenstein'schen 10-Blattkarte von Inner-Afrika sind auch die Meereshöhen der anderen 4 Oasen eingeschrieben; ich habe in einer ersten Veröffentlichung über diesen Gegenstand in Petermann's geogr. Mittheilungen, 1875, S. 211 ein ähnliches Resultat wie Angelot aus Cailliaud's Messungen für Siuah gefunden; indessen ist es möglich, die Cailliaud'schen Barometerangaben einer Probe zu unterwerfen, welche das Resultat wesentlich ändert. Cailliaud hat nämlich auch in Kairo längere Zeit beobachtet, und da die Höhe dieses Punktes bekannt ist, lassen sich seine Barometerangaben controliren. Cailliaud gibt (IV S. 58 u. 59) für die Zeit vom 13.—29. October 1819 in Kairo täglich 3 Beobachtungen, deren Mittel sind:

	8^h	12^h	4^h
	764.5^{mm}	763.7^{mm}	762.6^{mm}
Nach S. 143 beträgt die Reduction auf das Tagesmittel:	— 0.2^{mm}	0.0^{mm}	+ 0.6^{m}
Tagesmittel	764.3^{mm}	763.7^{mm}	763.2^{mm}

Allgemeines Mittel = 763.7^{mm}.

Nach S. 145 ist der entsprechende Barometerstand im Meer = 762.3^{mm} und aus der Differenz 1.4^{mm} würde folgen, dass Kairo 15 Meter unter dem Meer läge.

Ferner wird von Cailliaud (IV S. 68—71) eine 25-tägige Reihe vom 20. März bis 15. April (mit wenigen Lücken) ebenfalls für Kairo mitgetheilt, deren Mittel sind:

	7^h—8^h	12^h—1^h	4^h—5^h	
	761.1^{mm}	760.9^{mm}	760.0^{mm}	
Reduction auf das Tagesmittel	— 0.2	+ 0.1	+ 0.5	
Tagesmittel	760.9	761.0	760.5	760.8^{mm}
Correspondirender Barometerstand im Meeresspiegel				760.7
Differenz				+ 0.1^{mm}

Hiernach läge Kairo 1 Meter unter dem Meer.

Cailliaud wohnte in Kairo (I S. 12) in der Muski, also jedenfalls 20 Meter über dem Meer, und man ist gezwungen anzunehmen, dass entweder seine Barometerangaben bedeutend zu hoch sind, oder dass im Winter 1819—1820 der Luftdruck im Allgemeinen in Kairo einen abnorm hohen Werth hatte. Indem man ein Mittel nach Maasgabe der Anzahl der Beobachtungstage nimmt, findet man, dass Cailliaud's Barometer eine Correction von — 2.4^{mm} verlangt, oder dass die mit uncorrigirten Cailliaud'schen Barometerangaben berechneten Höhen einer Correction von + 27^m bedürfen.

Es findet sich noch eine 44-tägige Reihe von Gurnah (Theben) vom 26. Mai bis 12. Juli 1820 (IV S. 72—75).

Dieselbe gibt die Mittel:

	$7^1/_2{}^h$	$12^1/_2{}^h$	$4^1/_2{}^h$	
	753.5^{mm}	753.0^{mm}	751.8^{mm}	
Reduction auf das Tagesmittel	-0.6	-0.2	$+0.7$	
Tagesmittel	752.9	752.8	752.5	752.7^{mm}
Correspondirender Barometerstand im Meeresspiegel				758.5
Differenz				-5.8^{mm}

Die entsprechende Meereshöhe ist 64^m, während das Hochwasser des Nils bei Theben (nach S. 178) etwa 89^m, also Cailliaud's Beobachtungspunkt vermuthlich etwa 100^m über dem Meer ist. Der Widerspruch wird gehoben, wenn man die genannte Höhencorrection von $+27^m$ anbringt.

Es gibt nun aber noch eine andere Hypothese zur Erklärung der Thatsache, dass die Cailliaud'schen Barometerangaben im Allgemeinen um $2-3^{mm}$ zu gross sind, nämlich die, dass diese Angaben noch nicht auf 0° reducirt sind. Allerdings heutzutage ist es durchaus nicht üblich, unreducirte Barometerstände zu publiciren, allein vor 50 Jahren können hierüber andere Ansichten bestanden haben, und da in dem Cailliaud'schen Werk mit Ausnahme der oben citirten Bemerkung über die Höhe von Siuah und einzelner relativer Höhenbestimmungen (z. B. I S. 228) kein wissenschaftlicher Gebrauch von dem ganzen meteorologischen Material gemacht ist, so ist es durchaus nicht befremdend, dass Cailliaud nichts weiter bezweckte, als die nackten Originalbeobachtungen vorzulegen. Eine Bestätigung der Vermuthung, dass die Cailliaud'schen Barometerangaben noch der Reduction auf 0° bedürfen, kann man aus der Vergleichung der Angaben von I S. 228 mit IV S. 66 gewinnen. An der ersteren Stelle wird nämlich berichtet, dass Cailliaud, der bei Ain-Amur vom 28.—29. Februar gelagert hatte, am Morgen des 29. vor dem Weitermarsch nochmals den Abhang erstieg, von dem er am Abend zuvor herabgekommen war, um dessen Höhe zu messen, oben fand er um $6^1/_2$ Uhr 707.08^{mm} Barometer 18°7 inneres Thermometer und 18°3 freies Thermometer; sodann unten bei Ain-Amur fand er die entsprechenden Zahlen 739.13^{mm} 28° und 27°, woraus er einen Höhenunterschied von 371^m berechnet. (Ich selbst fand den Höhenunterschied zwischen dem Felsrand von Ain-Amur und der Tempelruine nur $= 81^m$, dagegen den Höhenunterschied zwischen dem Felsrand und unserm Lager vom 22.—23. März unten im Thal $= 304^m$, die Cailliaud'sche Ablesung 707^{mm} am Oberrand ist sehr unwahrscheinlich vgl. S. 192.) Entsprechend findet man auf S. 66 von Band IV von 7^h-8^h Morgens am 29. (d. h. in Worten: vor dem Aufbruch vom Lager) Barometer $= 739.25^{mm}$, Thermometer $= 28°0$, während der auf 0° reducirte Werth der im Text genannten Ablesung von Ain-Amur $= 735.8^{mm}$ wäre.

Wenn man nun nach diesen Andeutungen die sämmtlichen Cailliaud'schen Barometerangaben mit den jeweils unmittelbar daneben mitgetheilten Thermometerangaben auf 0° reducirt, so fällt in der That jeder Widerspruch fort, und zwar viel besser, als bei der Annahme einer constanten Barometercorrection. Die oben genannte Reihe vom 13.—19. October 1819 in Kairo gibt dann für dessen Meereshöhe $+18^m$ und die zweite Reihe vom 20. März bis 15. April 1820 gibt die Höhe von Kairo $= +27^m$, also durchaus ganz plausible Resultate. Die ebenfalls schon erwähnte 44-tägige Reihe vom 26. Mai bis 12. Juli 1820 in Gurnah gibt nun dessen Höhe $= 107^m$, was ebenfalls noch ganz wahrscheinlich ist.

Eine weitere Bestätigung der Hypothese unreducirter Barometerangaben liegt darin, dass nach Anbringung der Temperaturcorrectionen die Barometermittel sich im Allgemeinen viel besser unserer

neu bestimmten Tagesperiode anschliessen, als vorher. Das beste Beispiel hiefür ist die 40-tägige Reihe vom 1. Januar bis 9. Februar 1820 in Beharieh, welche einen sehr guten Beitrag zur Höhenbestimmung dieser Oase gibt. Die arithmetischen Mittel der Cailliaud'schen Angaben (IV S. 64—67) sind:

	7^h—8^h	12^h—1^h	4^h—5^h
	757.3mm	758.2mm	757.2mm
Reduction auf das Tagesmittel	— 0.6	— 0.2	+ 0.7
Tagesmittel	756.7	758.0	757.9

Wenn man dagegen noch die den Temperaturmitteln 10°.5 24°.8 21°.7 entsprechenden Temperaturcorrectionen anbringt, so erhält man:

755.4 754.9 755.2

also viel bessere Uebereinstimmung als vorher. Das allgemeine Mittel 755.2 verglichen mit dem der Zeit entsprechenden normalen Barometerstand im Meeresspiegel 765.1 gibt die Meereshöhe von Beharieh = 110 Meter, was mit meinem Resultat 113 Meter (S. 189) stimmt.

Von allen Cailliaud'schen Barometerbeobachtungen boten schon längst die von Siuah das meiste Interesse. Deren einfache (nicht reducirte) Mittel 766.35 766.71 765.56 sind schon oben von Cailliaud selbst angegeben (übereinstimmend mit den Einzelwerthen von IV S. 62 und 63).

Man kann jedoch ausser den Beobachtungen vom 11.—22. December 1819, welche in Siuah selbst angestellt sind, auch noch die von zwei vorhergehenden und von zwei nachfolgenden Tagen zuziehen, welche Cailliaud auf seinen Lagerplätzen im Osten von Siuah, ebenfalls noch in der Gegend der Salzsümpfe, gewonnen hat. Ich habe die vorhandenen 42 Beobachtungen vom 9.—24. December in zweifacher Weise reducirt, erstens wurde nach Maassgabe der jeweils mitgetheilten Thermometerablesung überall die Temperaturcorrection angebracht, und zweitens wurde nach der Periode von S. 143 mit Rücksicht auf die jeweils angegebene Tagesstunde jede Ablesung auf das Tagesmittel reducirt. Auf diese Weise wurde folgende Tabelle erhalten, worin Q_0 der nach S. 145 bestimmte normale Luftdruck im Meeresspiegel für die betreffende Zeit ist.

Barometerbeobachtungen von Cailliaud in Siuah 1819.

Tag	Luftdruck in Siuah				Meer Q_0	Differenz	Bemerkungen
	Morgen	Mittag	Abend	Tages-mittel			
	auf das Tagesmittel reducirt						
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
1819 December 9			767.9	767.9	764.2	+ 3.7	
„ „ 10	766.9		767.0	767.0	764.2	+ 2.8	
„ „ 11	766.1	765.3	764.7	765.4	764.2	+ 1.2	
„ „ 12	762.2	761.3	761.9	761.8	764.2	— 2.4	petite pluie
„ „ 13	763.3		764.9	764.1	764.3	— 0.2	

Tag			Luftdruck in Siuah Morgen	Mittag	Abend	Tages-mittel	Meer Q_0	Differenz	Bemerkungen
			auf das Tagesmittel reducirt						
			mm	mm	mm	mm	mm	mm	
1819	Decemb.	14	767.6	768.1	768.1	767.9	764.3	+ 3.6	
„	„	15	769.6	767.5	766.6	767.9	764.3	+ 3.6	
„	„	16	767.1	765.3	765.3	765.9	764.3	+ 1.6	
„	„	17	764.3	763.6	763.5	763.8	764.4	— 0.6	
„	„	18	764.5	763.6	765.9	764.7	764.4	+ 0.3	
„	„	19	765.7	765.5	765.4	765.5	764.5	+ 1.0	
„	„	20	763.4	762.8	761.6	762.6	764.5	— 1.9	
„	„	21	760.1	759.1	758.2	759.1	764.5	— 5.4	
„	„	22	758.6	759.8	760.5	759.6	764.5	— 4.9	vent violent le matin.
„	„	23	762.3		763.4	762.8	764.6	— 1.8	petite pluie durant 6 heures de nuit.
„	„	24	762.9		762.0	762.5	764.6	— 2.1	
					Gesammtmittel	764.3	764.4	— 0.1mm	
			Mittel vom 9.—19. December			765.6	764.3	+ 1.3	

Wenn man das Gesammtmittel vom 9.—24. December in Betracht zieht, so findet man die Meereshöhe + 1m für Siuah. Nun kommen aber in dieser Zeit zwei Regentage und ein Tag mit Sturm vor, woraus geschlossen werden kann, dass das einfache Gesammtmittel den Luftdruck zu gering gibt, denn diese zwei Regentage lieferten nahezu den gesammten Regen des ganzen Winters 1819—1820 (vgl. S. 136).

Entscheidung ist allerdings schwer zu treffen; doch scheint es den Umständen entsprechend, wenn die Sturm- und Regentage am Ende ausgeschieden werden. Man findet so eine Tiefe von 14 Meter unter dem Meer.

Cailliaud's Barometerbeobachtungen von Farafrah, Dachel und Chargeh haben weniger Werth, weil er sich an diesen Orten nur kurz aufhielt, doch theilen wir sie und die darauf gegründete Höhenberechnung der Vollständigkeit wegen ebenfalls mit, nachdem überall die Temperaturcorrectionen angebracht sind.

Oase Farafrah 14 Beobachtungen vom 15.—20. Februar 1820:

	6^h	$12^h—1^h$	6^h	
Mittel	759.4mm	758.8mm	757.9mm	
Reduction auf das Tagesmittel	0.0	— 0.2	+ 0.6	
Tagesmittel	759.4	758.6	758.5	758.8mm
Correspondirender Barometerstand im Meeresspiegel				763.8
Differenz				— 5.0mm

Meereshöhe von Farafrah = + 55 Meter.

Oase Dachel 8 Beobachtungen vom 23.—26. Februar 1820:

	6^h	$12^h - 1^h$	6^h	
Mittel	757.8^{mm}	756.5^{mm}	756.3^{mm}	
Reduction auf das Tagesmittel	0.0	— 0.2	+ 0.6	
Tagesmittel	757.8	756.3	756.9	757.0^{mm}
Correspondirender Barometerstand im Meeresspiegel				763.2
Differenz				— 6.2

Meereshöhe von Dachel = + 69 Meter.

Oase Chargeh 6 Beobachtungen vom 1.—3. März 1820:

	$7^h - 8^h$	$12^h - 1^h$	$4^h - 5^h$	
Mittel	752.4^{mm}	751.7^{mm}	752.1^{mm}	
Reduction auf das Tagesmittel	— 0.6	— 0.2	+ 0.7	
Tagesmittel	751.8	751.5	752.8	752.0^{mm}
Correspondirender Barometerstand im Meeresspiegel				762.6
Differenz				— 10.6

Meereshöhe von Chargeh = + 118 Meter.

In gleicher Weise wurde gefunden:

Medinet-el-Fayum (6 Tage)	Meereshöhe	= + 18	Meter
bei Gambaschieh (3 Tage)	„	+ 14	„
El-Garah (1 Tag)	„	+ 2	„
Rayan-el-Gassr (3 Tage)	„	+ 38	„

ferner die zwei nächsten westlich hievon liegenden Cailliaud'schen Lagerplätze bezw. 150 und 250 Meter.

Wir stellen nun, zur Gewinnung einer Uebersicht, für die 5 libyschen Haupt-Oasen je 3 Höhenresultate zusammen, nämlich:

(1) Aeltere Berechnung nach Cailliaud's Barometerangaben (in der Petermann-Hassenstein'schen Karte eingeschrieben).

(2) Neue Berechnung nach Cailliaud's Barometerangaben.

(3) Berechnung nach den neuen Ergebnissen unserer Expedition (S. 188—189).

Oase	Höhe über dem Meer		
	(1)	(2)	(3)
Siuah	— 33^m	— 14	— 36
Beharieh	35	110	113
Farafrah	33	55	76
Dachel	55	69	100
Chargeh	104	118	68

Wenn man die Frage aufwirft, ob die Resultate (2) neben (3) noch von Werth sind, so hat man bei Farafrah, Dachel und Chargeh den letzteren unbedingt den Vorzug zu geben, für Beharieh ist das Resultat (2) jedenfalls nicht zu vernachlässigen, da es aber mit (3) auf 3^m übereinstimmt, so ist keine besondere Entscheidung zu treffen; bei Siuah dagegen dürften (2) und (3) wohl gleichberechtigt sein, weil das Resultat (3) leider mit einer aussergewöhnlichen, von den Aneroidcorrectionen herrührenden Unsicherheit von 10^m behaftet ist (vgl. S. 98). Wir nehmen deshalb für Siuah das Mittel -25^m und werden auch unsere übrigen Höhen in der Gegend von Siuah entsprechend um $5-10^m$ vergrössern. Als tiefster Punkt in jener Gegend ist die unbewohnte Oase Aradj mit -80^m gefunden. Cailliaud hat dort am 25. und 26. December 1819 770.7^{mm} und 770.7^{mm} abgelesen (ohne Temperaturcorrection) und man berechnet daraus in der früher angegebenen Weise die Höhe -60^m, wir werden deshalb -70^m hiefür als definitives Resultat annehmen. Wir haben somit die Hauptresultate:

Siuah -25^m Beharieh 113^m Farafrah 76^m Dachel 100^m Chargeh 68^m

und schätzen deren mittlere zu fürchtende Fehler zu $\pm 15^m$.

Flächenausdehnung der Oasen.

Die durch Quellen bewässerten und deswegen culturfähigen Theile der Wüste, d. h. die Oasen, sind verhältnissmässig sehr klein, und die wenigen Pflanzen, welche in der reinen Wüste sehr vereinzelt vorkommen, bleiben in wirthschaftlicher Beziehung ausser Betracht.

Wir geben im Folgenden einen Versuch einer Flächenstatistik der Oasen, welche, grösstentheils auf Schätzung beruhend, höchstens auf 50% genau sein kann, aber doch als erste Mittheilung über die Oasengrössen von einigem Werth sein dürfte; zugleich fügen wir die von Herrn Hofrath Rohlfs erkundeten und bereits in dem erzählenden Theile dieses Werkes veröffentlichten Einwohnerzahlen der Oasen bei.

Der Oasen-Kessel von Farafrah mit etwa 60 □Meilen Fläche bildet den Centralpunkt des libyschen Oasengebietes.

Das grösste mit Vegetation bedeckte zusammenhängende Gebiet in diesem Kessel ist die unbewohnte Senkung von Ain-el-Uadi mit ungefähr 3 □Kilom. Vegetation. Dieselbe muss in geographischer Beziehung als

Haupt-Oase der Farafrah-Gruppe betrachtet werden, nicht nur wegen ihrer Grösse, sondern auch wegen der Tiefenlage, sie liegt nämlich nur etwa 25 Meter über dem Meer gegen 80 bis 90 Meter bei Gassr-Farafrah und Bir-Keraui. Der Mangel an Bewohnern hat seinen Grund nicht wie bei der ebenfalls unbewohnten Oase Aradj in der Beschaffenheit des Wassers, denn die Quellen sind sehr gut und liessen sich ohne Zweifel in dieser geringen Höhenlage leicht vermehren; die zahlreichen Dattelpalmen könnten ohne Wasser in geringer Tiefe nicht bestehen. Von früherer Ansiedelung sind Spuren vorhanden.

Farafrah selbst zählt etwa 15 Oasenparcellen (vgl. S. 75 und Tafel III), die Hauptgruppe bei dem Dorfe hat einen Palmenwald von 10 Hektaren und etwa eben so viel Ackerfeld. Das Dorf selbst, welches nach Rohlfs 320 Einwohner enthält, hat eine Fläche von 1.2 Hektaren. Alle auf Tafel III als Culturflächen bezeichnete Theile haben zusammen 164 Hektare; da aber südwestlich noch weitere Parcellen kommen (vgl. S. 75), so wird man wohl 200 Hektare annehmen müssen, abgesehen von Schech-Mursuk, welches ausser Gassr-Farafrah der einzige bewohnte Ort des Kessels ist, und das nach Rohlfs 25 Einwohner hat. Die Gesammtculturfläche wäre hiernach etwa 250 Hektare und die Gesammteinwohnerzahl 345. (Die unbewohnten Theile Ain-el-Uadi, Bir-Keraui, Bir-Mür, Bir-Dikker etc. sind hier nicht mitgerechnet.)

Cailliaud hat einen Plan von Farafrah in 1:25000 aufgenommen (Vol. II. Pl. XXXV), welcher im Wesentlichen mit dem unsrigen (Tafel III) stimmt, doch reichte damals der Palmenwald bis zum Dorf, während jetzt ein 200 Meter breiter vegetationsloser Raum zwischen beiden ist, auch gibt Cailliaud bedeutend mehr Aecker an, als meine Aufnahme. Als Einwohnerzahl von Farafrah schätzt Cailliaud (I S. 214) 75 Männer.

Die Oase Beharieh (Bacharieh) hat 6 bewohnte Orte, nämlich Gassr und Bauiti, zusammengebaut im westlichen Theil, und Mendischeh und Sabu im östlichen Theil, eine Viertelstunde westlich von Mendischeh liegt nach Cailliaud noch das kleine Dorf Aguseh; dazu die Filiale Häss in der südlichen Fortsetzung der Oase.

Ueber die Culturflächen dieser Oase geben zwei Pläne Auskunft, welche Cailliaud und Letorzec während ihres $1^1/_2$-monatlichen Aufenthalts im Januar und Februar 1820 durch Abschreiten und Skizziren nach der Bussole (I S. 160) aufgenommen haben. Die Pläne finden sich im Maassstab 1:17280 gezeichnet in dem Cailliaud'schen Werke Vol. II pl. XXXVII und XLI. Eine darnach gemachte planimetrische Messung ergab die Zahlen der folgenden Tabelle; die darin aufgeführten Bevölkerungsangaben sind ebenfalls von Cailliaud (I S. 163, 164, 171, 172).

Statistik von Beharieh nach Cailliaud (1820).

Ortschaft	Culturland	Fläche des Dorfes	Einwohner
Gassr } . . .	472 Hektare	6.8 Hektare	800
Bauiti }		5.7 „	600
Mendischeh } . .	370 „	2.3 „	600
Sabu }		1.7 „	400
Summe	842 Hektare	16.5 Hektare	2400

Häss hat höchstens 10 Hektare Culturland und 10 Einwohner.

Ueber die verschiedenen Städte und Dörfer von Dachel und deren Einwohner hat Rohlfs im erzählenden Theil S. 120, 294 u. ff. verschiedene Mittheilungen gemacht. Die Hauptstadt Gassr-Dachel hat hiernach 6000 Einwohner auf einer Grundfläche, die sich aus Tafel II = 7.3 Hektare ergibt. Die sämmtlichen auf dem rechtseitigen Plan von Tafel II bezeichneten Culturflächen enthalten 175 Hektare. Von der Culturfläche der gesammten Oase Dachel mag der Specialplan von Tafel VII eine Vorstellung geben und wir schätzen dieselbe hiernach zu 6000 Hektaren, während die Gesammtzahl der Einwohner nach Rohlfs verschiedenartigen Ermittelungen 20000 beträgt (erzählender Theil S. 294).

Chargeh ist in Beziehung auf die Grösse des Culturlandes und der Einwohnerzahl durch Schweinfurth's Aufnahme sehr genau bekannt geworden. Eine planimetrische Bestimmung der auf Schweinfurth's Originalkarte (1 : 100000) grün angelegten Flächentheile, hat die Zahlen der folgenden Tabelle geliefert, welche zugleich die von Schweinfurth ermittelten Bevölkerungszahlen enthält.

Statistik von Chargeh nach Schweinfurth (1874)

Ortschaft	Culturland	Einwohner
1. Ain-Meherig . .	20 Hektare	20
2. El-Chargeh . . .	425 „	3500
3. Gjennah	42 „	300
4. Gassr-Sejan . . .	12 „	20
5. Bulak	45 „	500
6. Ain-Gjagja . . .	9 „	25
7. Ain-Dachachin . .	15 „	15
8. Beris	161 „	1100
9. Duhsch	24 „	80
10. Mex	53 „	150
11. El-Ajun	30 „	30
Summe	836 Hektare	5740

Es scheint, dass die in der Schweinfurth'schen Karte grün angelegten Flächentheile nur Palmenwälder oder intensiv cultivirtes Terrain vorstellen. Der gesammte gleichzeitig culturfähige Boden wird wohl doppelt so gross anzunehmen sein.

Die Oase Siuah besteht aus den zwei Dörfern Siuah und Agermi. An Topographie wurde auf unserer Expedition nicht mehr gewonnen als was die Karte Tafel I zeigt. Als Einwohnerzahl wurde von Rohlfs 5600 ermittelt. Das Haupterzeugniss des Bodens sind Datteln. Vielleicht lässt sich deren Production einigermassen nach der Grösse des Lagerplatzes bemessen, auf welchem die für den Handel bestimmten Datteln zusammengebracht werden. Dieser Platz umgibt den Caravannenhof von Siuah in einem Bogen in der Länge von 390 Schritten bei einer Breite von 100 Schritten und hat hiernach eine Fläche von etwa 3 Hektaren.

Obgleich bei unserer Anwesenheit im Februar die Dattelernte seit mehreren Monaten zu Ende

war, lagen doch noch die Datteln in grossen Haufen so massenhaft umher und der Boden war so mit dem ausgelaufenen Safte dieser Früchte getränkt, dass man annehmen muss, es sei nach jeder Ernte der ganze Platz dicht besetzt. Wenn man nun voraussetzt, dass diese ganze Fläche 10^{cm} hoch mit Datteln belegt sei, so hat man ungefähr 3000000 Kilogramm oder 20000 Kameelladungen Datteln. Ausserdem hat noch Agermi, die zweite Ortschaft der Oase, eine Dattelproduction, welche nicht viel geringer ist. Schätzt man nun für eine Palme zwei Kameelladungen oder 300 Kilogramm Datteln und 100 □Meter Bodenfläche, so muss man für die genannte Production von Siuah 100 Hektare Palmenwald annehmen, nahezu eben so viel für Agermi, also mindestens 200 Hektare im Ganzen. Die Gesammtculturfläche der Oase ist mehr arrondirt als in Dachel und Farafrah, man kann sie deswegen auch leichter schätzen. Die Länge mag von Westen nach Osten 15 Kilometer betragen bei einer durchschnittlichen Breite von 1 Kilometer, was 1500 Hektare gibt.

Es ist von Interesse, die cultivirten Flächen in den Oasen mit dem Culturland des Nilthales zu vergleichen. In unserer Karte, Tafel I, wurden die Culturgrenzen möglichst genau nach dem topographischen Atlas der Description de l'Egypte eingetragen und eine darauf gegründete planimetrische Bestimmung gab für das Culturland von Oberegypten von Kairo bis Assuan mit Ausschluss des Fayums die Fläche 7673 □Kilometer. Die Länge des Thales ist 800 Kilometer und es ist hiernach die mittlere Breite von Egypten nur etwa 10 Kilometer. Von der genannten Fläche hat man den Nil selbst mit etwa 1000 □Kilometer noch abzuziehen und es bleiben somit nur noch 6673 □Kilometer oder 121 □Meilen für ganz Oberegypten. In der Description (2. B., 2. Th. S. 573) findet sich eine Flächenstatistik von Egypten, welche für den genannten Theil erheblich mehr angibt, nämlich 9066 □Kilometer. Da es sich hier nur um eine summarische Vergleichung handelt, behalten wir die Zahlen der Description bei und bilden mit Zuziehung der Bevölkerungszahlen von Kremer*) die folgende statistische Tabelle, an welche sich die neu ermittelten entsprechenden Zahlenwerthe für die Oasen anschliessen.

Flächen- und Bevölkerungsstatistik von Egypten.

Ländergebiet	Culturland □Kilometer	Einwohner	Einwohner auf 1 □Kilometer
Unteregypten	22520	2581000	115
Oberegypten	9066	1545000	170
Fayum	1274	376000	300
Summen und Mittel	32860	4502000	137
Oase Siuah	15	5600	373
„ Beharieh	9	2410	268
„ Farafrah	3	345	115
„ Dachel	60	20000	333
„ Chargeh	16	5740	359
Summen und Mittel	103	34095	331

Ausserdem ist noch vorhanden die Oase Garah, nordöstlich von Siuah, welche wir nicht besucht haben.

*) Egypten, Forschungen über Land und Volk von Alfred v. Kremer. Leipzig, 1863, II. S. 106—109.

Zur Vergleichung erinnern wir, dass das deutsche Reich 41 Millionen Einwohner und 544480 □Kilometer Fläche, also 75 Einwohner auf 1 □Kilometer hat. Die Dichte der Bevölkerung in Egypten ist nur erklärlich durch den Umstand, dass fast alles Culturland zur Erzeugung von Nahrungsmitteln fast das ganze Jahr hindurch dient. Wälder, welche nur Brennholz oder Nutzholz lieferten, existiren dort nicht. Auch ist die Bevölkerung in ihren Ansprüchen an Nahrungsmittel äusserst genügsam. Dass die Oasen noch dichter bevölkert sind, als das Nilthal, scheint trotz der Unsicherheit unserer Ermittelungen constatirt; es stimmt dieses auch überein mit der Dichtigkeit der Bevölkerung des Fayum, dessen geographischer Charakter die Mitte zwischen Nilthal und eigentlicher Oase hält.

Unbewohnte Oasen.

In der vorstehenden Flächenstatistik sind die zwei unbewohnten Oasen Aradj und Ain-el-Uadi nicht inbegriffen. Die erstere hat etwa 500, die zweite etwa 300 Hektare culturfähiges Land, in beiden wachsen Palmen und andere Pflanzen in grosser Zahl. Beide Oasen waren früher bewohnt, was in Aradj durch zahlreiche Grabgrotten und in Ain-el-Uadi durch Trümmer eines Dorfes bezeugt wird; sie werden jetzt noch häufig von nomadisirenden Beduinen besucht, wie die grosse Zahl der Spuren von Menschen und Kameelen beweist, auch trafen wir bei Aradj drei vagabundirende entlaufene Sclaven (vgl. erzählender Theil S. 191). An Wasser ist in beiden Orten kein Mangel. Aradj hat einige Seen, die aber freilich salzig sein werden, und mehrere Brunnen mit brakischem übelschmeckendem aber nicht gesundheitschädlichem Wasser (indessen sind ja die Quellen der hochberühmten Ammons-Oase ebenfalls stark brakisch). Ain-el-Uadi dagegen hat ausgezeichnetes Trinkwasser.

Es scheint, dass die Existenz dieser zwei Oasen der egyptischen Regierung unbekannt ist, dieselben würden sich gut zu neuen Ansiedelungen eignen.

Möglicher Weisse liesse sich auch die Gegend südwestlich von dem Sittrah-See, welche einzelne Palmen und viele Pflanzen trägt, cultiviren. Eine Tagreise südwestlich hievon soll nach Aussage unseres Führers noch ein zweiter See Bahrehn mit Palmen sein.

Die Vegetation in der übrigen Wüste ist verschwindend gering. Auf dem Kalkplateau zwischen dem Nil und Farafrah, Dachel, Esneh fanden wir nur an zwei Stellen, nämlich bei 27° 20′ Breite und 29° 15′ Länge, sowie bei 25° 20′ Breite und 31° 30′ Länge die gewöhnlichen Wüstenpflanzen in solcher Anhäufung, dass vielleicht eine kleine Caravane Kameelfutter für eine Nacht ersparen könnte, im Uebrigen findet man hier höchstens durchschnittlich eine Pflanze auf 1 □Kilometer.

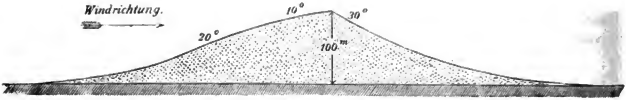
Unter Verweisung auf den botanischen Theil dieses Werkes, erwähnen wir von den Stellen, an welchen Pflanzen angetroffen wurden, noch die Gegend von 25° 20′ Breite und 28° 0′ Länge. Dort fanden sich ganz unerwartet die gewöhnlichen Wüstenpflanzen in solcher Häufung, dass eine Caravane für

mehrere Nächte Kameelfutter findet. Diese krautreiche Gegend erhielt von Hofrath Rohlfs den Namen Sersurah, unter welchem ursprünglich von den Dachelanern eine Oase verstanden wurde, die nach sagenhafter Ueberlieferung im Westen liegen sollte. Diese Gegend Sersurah hat von Ost nach West eine Ausdehnung von etwa einer Stunde, die Ausdehnung nach Süd und Nord ist unbekannt. Die mittlere Dichtigkeit des Pflanzenwuchses ist höchstens 5—10 Pflanzen auf 1 Hektare. Uebrigens fand ich dort am 25. Januar eine grosse Heuschrecke und einen Käfer und am 26. Januar einen Schmetterling und eine Schlange.

Von da an war die Wüste etwa bis zum 27. Breitegrad vegetationslos, worauf mitten im Sandmeer durchschnittlich täglich zwei bis drei mal die im erzählenden Theil S. 171 genannten vertrockneten Talch-Stauden gefunden wurden.

Einige Notizen über Dünen.

Querprofil der Dünen.



Die Dünen der libyschen Wüste bestehen aus sehr feinkörnigem gelblichem Quarzsand. Das normale Dünenquerprofil zeigt obige Figur. Auf der Windseite ist die Düne convex, auf der Leeseite concav mit steilster Böschung von 30°. Der Neigungswinkel, welcher der natürlichen Böschung zukommt, und welcher nur von der gegenseitigen Reibung der Sandkörner abhängt, wurde bei der Gleichheit des Materials überall nahe gleich gefunden, nämlich zwischen 28° und 30°. Der Dünenkamm bildet eine ganz feine wie mit einem scharfen Messer geschnittene Kante. Die Länge der einzelnen Dünenzüge geht bis zu 50 Kilometer, doch ist der Kamm selbst nicht eine stetige Linie von dieser Länge, sondern

er zeigt selbt ein Profil, das dem Querprofil der Düne ähnlich ist, weil auf die Hauptdüne nach ihrer Längsrichtung gewissermassen Dünen zweiter Ordnung aufgeweht sind.

Hieraus folgt, dass die Dünen ihre jetzige Gestalt dem Winde verdanken, denn jeder Wind erzeugt auf einer horizontalen Sandfläche sofort Dünenbildung im Kleinen, indem sich Erhöhungen quer zur Windrichtung bilden. Die mittlere Dünenrichtung und Windrichtung fanden wir allerdings im Sandmeer nahezu gleich, nämlich die Dünenrichtung etwa NNW und die mittlere Windrichtung etwa NW, allein man wird annehmen müssen, dass der NW-Wind hauptsächlich die auf die langen Dünen aufgesetzten besonderen Köpfe erzeugt, während im Laufe des ganzen Jahres nothwendig noch starke W und SW-Winde vorkommen müssen.

Die Höhe der Dünen mag im Sandmeer bis zu 150 Meter betragen, die grösste gemessene Dünenhöhe betrug daselbst bei 27° 20′ Breite 100 Meter. Die Dünen auf dem Plateau zwischen Siut und Farafrah waren unbedeutend, höchstens 10—15 Meter hoch, dagegen gehören die Dünen zwischen Farafrah und Dachel, welche wir am 29. December zwischen Bir-Keraui und Farafrah überschritten, schon zu den bedeutenderen Sandanhäufungen. Sogar in ihrem nördlichen Theil westlich von Bir-Keraui bestehen sie nicht nur aus einzelnen Zügen, zwischen denen wieder fester Boden kommt, sondern bilden eine etwa 10 Kilometer breite und 20—30 Meter hohe compakte Sandmasse, auf welche die einzelnen Wellen und Köpfe aufgesetzt sind. Sodann die südöstliche Fortsetzung bis zum Karaschaff liess zwar ein grösstentheils auf festem (Serir-) Boden befindliches, 1—2 Kilometer breites Thal frei, in welchem unsere Strasse zwei Tage lang hinzog, allein wenn man einen der Dünenköpfe bestieg, so sah man mehrfach den ganzen Horizont durch Dünen gefüllt. Als grösste Höhen von Dünenköpfen über dem festen Boden sind hier gemessen 46 Meter im nördlichen Theil am 5. Januar und 68 Meter im südlichen Theil am Morgen des 6. Januar.

Grosse Schwierigkeiten verursachten die Dünen westlich von Dachel und vom Edmonstoneberg, nicht sowohl wegen ihrer besonderen Höhe, sondern wegen ihrer unregelmässigen Form. Bei meinem detaschirten Vormarsch blieb ich hier mit schwer beladenen Kameelen, welche natürlich Böschungen von 30° im Sande nicht ersteigen können, zwischen allseitig angehäuften Sandmassen viele Stunden lang stecken.

Viel ungefährlicher waren dann die Dünen westlich von Einsiedel II, etwa 8 Kämme von 20 bis 30 Meter Höhe auf die Breite von 16 Kilometern vertheilt, so dass breite Thäler auf festem Boden dazwischen bleiben.

Die Hauptsandanhäufungen wurden aber erst nordwestlich von Regenfeld im Sandmeer gefunden. Zwar die Düne, an deren östlichem Fuss das Lager von Regenfeld sich befand, war nur 30^{m} hoch und nicht für Kameele unzugänglich, westlich davon lag ein 7 Kilometer breites ebenes Serirthal, und auch die westlich dieses Thal begrenzende Düne wurde an einer passenden Stelle mit der ganzen Caravane überschritten. Es folgte abermals ein Thal von etwa 7 Kilometer Breite und erst nachdem auch dieses in schiefer Richtung durchzogen und noch mehrere Dünen an passenden Stellen überschritten waren, befanden wir uns im eigentlichen, jedes festen Boden entbehrenden Sandmeeres. Die hier gefundene maximale Dünenhöhe 100^{m} ist schon oben genannt.

In Einsiedel II und Regenfeld machte ich einige Beobachtungen in Betreff der Dünenänderung durch den Wind. Auf ersterem Punkte steckte ich am 23. Januar einen Stab in den Dünenkamm und

konnte an demselben messen, dass am 26. Januar der Kamm um 22^{cm} erniedrigt und um 85^{cm} nach Osten verschoben war. In der Zwischenzeit hatte ziemlich starker Westwind geweht, der in der Nähe des Zeltes eine Sandschichte von 20—25^{cm} anhäufte, und schon am 30. Januar, allerdings nach einem heftigen Sturm, fand Rohlfs das dort angelegte Depot fast schon ganz von Sand verschüttet. (Vgl. den erzählenden Theil S. 154 und 155.)

Auf Regenfeld steckte ich am 28. Januar Abends einen Stab 89^{cm} tief in die Düne, am andern Morgen war daran eine Dünenabnahme von 18^{cm} zu beobachten und am 30. Januar Morgens nach einem Sturm war der Stab verschwunden, der Wind hat also in $1^1/_2$ Tagen die Düne um nahezu 1 Meter erniedrigt. Leider hatte ich keinen zweiten Stab zu opfern, weshalb nicht beobachtet ist, welche Veränderung der Hauptsturm vom 30.—31. Januar an der Düne hervorgebracht hat. Die Sandanhäufung betrug an der Windseite des Zeltes 25^{cm}.

Glücklicher Weise hatten wir im Sandmeer selbst nie einen Sturm, ein solcher hätte die ganze Caravane gefährden können.

Auf dem Weg von Sittrah nach Beharieh konnte ich eine sehr bedeutende Dünenverschiebung constatiren. (Vgl. Tafel VII und das Itinerar von S. 47.) Am östlichen Ende des Bahr-bela-ma hatte mein Führer in den Dünen die Caravanenstrasse verloren, indem er $^3/_4$ Stunden nach NE statt ESE zog. Als sich herausstellte, dass der Weg falsch war, musste ich deswegen südöstliche Richtung halten, welche mich nach $1^1/_4$ Stunden wieder auf die deutlich im Serirboden eingetretene und durch zahlreiche Kameelgerippe bezeichnete Strasse führte. Indessen konnte diese Strasse nicht eingehalten werden, weil sich ihr neu angewehte Dünen von 20—30 Meter Höhe in den Weg legten. Auf $^3/_4$ Stunden Länge war so die Strasse gesperrt, weshalb ich südöstlich auf einem Umweg um die Düne herum und dann nordöstlich marschiren musste, bis die unter der Düne begrabene Strasse wieder erschien und die Hauptrichtung Ost-Süd-Ost nach Beharieh wieder aufnehmen liess.

Umgekehrt lässt sich für die Beständigkeit der Dünen die Thatsache anführen, dass Cailliaud 54 Jahre vor uns denselben Weg von Farafrah nach Dachel machte wie wir, wie sein Itinerar beweist. Auf S. 216 von Band I berichtet er nach einer Beschreibung des Wegs, welche ganz auf den unserigen passt, dass er am Abend des 21. Februar 1820 gelagert habe „au pied d'une montagne isolée, nommée el Ouara-Abd-Somat". Im Itinerar (IV S. 150) steht zwar, es sei gelagert worden „sur une montagne", was aber ein Versehen sein muss. Für die Position dieses Lagers findet man nun aus dem Itinerar: 0° 43′ 26″ südlich und 0° 29′ 48″ östlich von Farafrah, sowie 0° 38′ 54″ nördlich und 0° 20′ 12″ westlich von Dachel, und legt man unsere neuen Positionen (S. 15 und 65) zu Grunde, so findet man die zwei Resultate für Cailliaud's Lager:

Breite =	26° 19′ 50″	Länge =	28° 34′ 48″
	26° 20′ 52″		28° 38′ 18″

Man entnimmt hieraus zweifellos, dass Cailliaud am Fusse des Gor-Mor-Guss, vielleicht auch des benachbarten Gor-Sugag, also genau auf unserem Weg gelagert hat, jedenfalls nicht an demjenigen Berge, welcher nach Rohlfs Abu-Somat heisst. Auch der übrige Theil des Cailliaud'schen Itinerars weist auf unsere Dünenstrasse hin. Wenn also dieselbe im Wesentlichen schon vor 54 Jahren bestanden hat, so muss sie doch im Einzelnen Veränderungen unterworfen sein, denn sowohl Ascherson, Zittel und ich

haben beim zweiten Marsch durch dieselbe Vermehrung der Sandanhäufung auf dem Wege wahrgenommen.

Von Chargeh berichtet Dr. Schweinfurth, dass die ganze Stadt durch eine im Wandern begriffene Düne bedroht ist.

Selbstverständlich liegt den vorstehenden Erörterungen nicht die Absicht zu Grunde, über die Dünenbewegung ein bestimmtes Urtheil auszusprechen, sondern nur einzelne sicher erkannte Thatsachen mitzutheilen. Sollte in späterer Zeit eine Expedition die zwei Lager Einsiedel II und Regenfeld wieder auffinden (sie sind durch mannshohe Steinpyramiden und leere eiserne Wasserkisten genügend bezeichnet), so würde ihre Lage gegen die Dünen über die Bewegung der letzteren sicheren Aufschluss geben.

Die Wasserführung des Nils bei Esneh.

Während des fünftägigen Aufenthalts in Esneh, vom 1.—4. April, fand sich Gelegenheit, ein Nilprofil aufzunehmen. Eine Basis von 140^{m} in dem theilweise trocken liegenden Nilbett gemessen, nebst den nöthigen Winkeln, ermöglichte, die gegenseitige Lage von vier Uferpunkten zu bestimmen. Die beiden Ufer fanden sich zwar nicht genau parallel, doch kann die Flussbreite immerhin bei Esneh als constant = 1170^{m} angenommen werden (bei Minieh fand ich die Breite 920^{m}). Die übrigen Hauptdimensionen des Profils ergeben sich aus folgender Zeichnung.

Querprofil des Nils bei Esneh, zehnfach überhöht.
Horizontalmaasstab = 1 : 10000, Höhenmaasstab = 1 : 1000.



Das linkseitige scharf begrenzte Ufer fand sich 8^{m}.8 über dem Wasserstand vom 2. April. Der Wasserstand, welcher am Ende Juni sein Minimum erreicht, ist auch im April schon sehr klein, weshalb die zu dieser Zeit vorhandene Wassermenge im Vergleich zu der während des Hochwassers das ganze

Nîlthal überfluthenden Masse kaum in Betracht kommt, und nur insofern hat die erwähnte Profilaufnahme, welche über die damals vorhandene Wassertiefe keinen Aufschluss gibt, einigen Werth. Die Wassertiefe im April muss nach den Erfahrungen unserer Nilfahrt jedenfalls noch mehrere Meter betragen.

Da das Gefäll nach S. 178 bekannt ist, nämlich $= 0.088$ Promille $= 0.000088$ (oder ungefähr $1:11000$) so kann man die mittlere Geschwindigkeit und damit die Wasserführung für verschiedene Wassertiefen berechnen.

Von den verschiedenen zu diesem Zweck dienenden empirischen Formeln empfiehlt sich die unter ähnlichen Umständen durch Wassermessungen am Mississippi von Humphreys und Abbot ermittelte, welche lautet:

$$v = \left[0.048 \sqrt{\left(\frac{1}{\sqrt{r} + 0.457} + 3613.4 \sqrt{\frac{F}{b+p} \sqrt[4]{\alpha}} \right)} - \frac{0.048}{\sqrt[4]{r} + 0.457} \right]^2$$

dabei bedeutet:

- v die mittlere, zu bestimmende, Wassergeschwindigkeit pro Sekunde,
- b die Wasserbreite des Profils,
- p den benetzten Umfang des Profils,
- F die Fläche des Profils,
- r den sogenannten mittleren Radius, d. h. den Quotienten $\frac{F}{p}$,
- α das Gefäll des Flusses.

Die Formel gilt für Metermaass.

In unserem Falle kann man jedenfalls $b = p$ annehmen, womit $\frac{F}{b+p} = \frac{r}{2}$ und nun möge r einfach die mittlere Wassertiefe bezeichnen. Ausserdem kann man unbeschadet der Genauigkeit, in der Entwickelung von v einzelne kleine Glieder vernachlässigen und erhält damit die einfachere Formel

$$v = 5.87 \sqrt{r} \sqrt[4]{\alpha} - 0.22 \sqrt[8]{\alpha}$$

Da es sich bei der ganzen Berechnung nur um eine summarische, vielleicht auf 50% zuverlässige Schätzung handeln kann, theilen wir das Jahr in fünf Theile und nehmen dafür nach Maassgabe der periodischen Wasserstandsänderung (nach S. 173 und 174) mittlere Wassertiefen an, wie folgende Zusammenstellung zeigt, welche zugleich die Berechnungsresultate enthält. Die Breite b oder p ist dabei constant $= 1170$ Meter genommen, und das Gefäll $\alpha = 0.000088$.

Die Wasserführung des Nils bei Esneh.

Monate		Mittlere Wassertiefe	Mittlere Geschwindigkeit	Wasserführung pro Sekunde
		Meter	Meter	Kubikmeter
December, Januar, Februar	3	5	1.20	7020
März, April, Mai, Juni	4	3	0.92	3229
Juli, August	2	6	1.33	9337
September	1	10	1.73	20241
October November	2	8	1.54	14414
			Jahresmittel	8477

Zur Vergleichung mögen dienen die Angaben, dass der Rhein bei Basel 880 und bei Emmerich 1980 Kubikmeter pro Sekunde führt, also an der Mündung etwa $^1/_4$ von der Wassermasse des Nils. Der grösste Strom der Erde, der Amazonenstrom, hat etwa 4 mal so viel Wasser als der Nil, nämlich 35000 Kubikmeter, der Mississippi 23000, der Parana 18000, der Uruguay 12000 Kubikmeter pro Sekunde. Der Nil hat die Eigenthümlichkeit, dass er auf seinem ganzen Unterlaufe, von Berber an in einer Länge von 2500 Kilometern, kein Wasser mehr aufnimmt, sondern nur solches durch Verdunstung und seitliche Ableitung verliert.

Zusammenfassung der geographischen Resultate.

Da bis jetzt die geographischen Breiten und Längen, die Werthe der magnetischen Declination und die Meereshöhen nur getrennt mitgetheilt worden sind, ist es das erste Bedürfniss, eine Zusammenstellung der Hauptresultate zu bilden. Es geschieht dieses im Folgenden und zwar sind alle meine Lagerplätze hier aufgeführt. Von den Breiten sind die in Klammer gestellten nicht astronomisch bestimmt, sondern durch das Itinerar interpolirt, von den Längen sind nur diejenigen astronomisch bestimmt, welche sowohl

in Bogen als auch in Zeit angegeben sind, alle anderen sind interpolirt. Die Werthe der magnetischen Declination sind nicht unmittelbar nach S. 22 eingesetzt, sondern sie sind mit Rücksicht auf die dort bestimmte säculare Aenderung auf einen Zeitpunkt, den 1. Januar 1874, reducirt worden. Die Höhen sind aus der Haupttabelle von S. 191—193 entnommen, mit kleinen Aenderungen bei Siuah (vgl. S. 199).

Geographische Hauptresultate.

Punkt	Breite	Länge von Greenwich		Magnet. Declination westl.*)	Höhe üb. dem Meer	Bemerkungen
		in Zeit	in Bogen		m	
Hamrah bei Siut	27° 11′ 0″	2h 4m 48s	31° 12′ 0″	5°.7	53	Nilufer.
Lager Todtenstadt bei Siut	(27 9 45)		31 10 4		70	
Lager 18. December **)	(27 13 34)		30 58 3		60	
Maragh	27 22 56	2 3 22	30 50 30	5.9	50	östliche Mauer.
Lager 21. December	27 30 55		30 35 4		106	
„ 22. „	27 31 54		30 16 45		106	
„ 23. „	27 30 12		29 58 0	6.3	170	
„ 24. „	27 23 30		29 39 26		217	
„ 25. „	27 20 0		29 20 14	6.3	275	
„ 26. „	27 15 24	1 56 10	29 2 30	6.6	233	
Bir-Mür Lager 27. Dec.	27 9 17		28 43 10	6.7	70	
Bir-Keraui „ 28. „	27 6 46		28 39 50	6.7	85	
Lager 29. December	27 6 5		28 23 23	6.7	87	
Farafrah	27 3 26	1 52 20	28 5 0	6.8	76	zwischen Dorf u. Palmenwald
Bir-Dikker Lager 3. Jan.	26 54 10		28 21 8	6.9	91	
Lager 4. Januar	26 35 2		28 30 36		172	
„ 5. „	26 15 55		28 40 7		236	
„ 6. „	(25 57 20)		28 48 36		368	
Gassr-Dachel	25 41 58	1 55 54	28 58 30	6.6	100	nordwestliche Ecke v. Gassr
Lager 16. Januar	25 37 58		28 50 57		150	
„ 17. „	25 37 9		28 42 27		175	auf einer Düne
Einsiedel I	25 36 42	1 54 30	28 37 30	6.6	172	
Lager 21. Januar	25 32 46		28 23 11		222	
Einsiedel II	25 25 12	1 52 32	28 8 0	6.9	272	am östlichen Dünenrand
Lager 26. Janaur	25 18 57		27 52 25		339	

*) Bezogen auf 1. Januar 1874.

**) Die Datumsbezeichnung für die Lagerplätze bezieht sich auf den Abend der Ankunft, entsprechend dem Datum der astronomischen Messung. Dieselbe Bezeichnung ist auch in die Karten Tafel I und VII eingeschrieben.

Punkt	Breite	Länge von Greenwich in Zeit	Länge von Greenwich in Bogen	Magnet. Declination westlich	Höhe üb. dem Meer	Bemerkungen
					m	
Lager 27. Januar	25° 10′ 2″		27° 36′ 54″		386	
Regenfeld	25 11 7	1h 49m 40s	27 25 0	7°0	450	am östlichen Dünenrand
Lager 6. Februar	(25 25 12)		27 14 42		375	
„ 7. „	25 43 43		27 6 48		348	
„ 8. „	25 59 37		26 56 53		366	
„ 9. „	26 18 26		26 50 30	7.6	311	
„ 10. „	26 35 29		26 38 35	7.5	249	
Sandheim 11. Februar	26 52 31	1 45 56	26 29 0	7.4	211	
Lager 13. Februar	(27 14 8)		26 20 51		195	
„ 14. „	27 34 0		26 12 42		145	
„ 15. „	27 51 2		26 6 19		115	
„ 16. „	28 10 40		26 0 11	7.4	86	
„ 17. „	28 30 27		25 54 45		70	
„ 18. „	28 48 56		25 50 22		63	
„ 19. „	29 3 53		25 44 12		30	
Siuah	29 12 0	1 42 4	25 31 0	7.6	— 25	Carawanenhof
Lager 25. Februar	29 8 2		25 44 16		— 30	
„ 26. „	29 4 45		26 6 39		20	
Aradj Lager 27. Februar	28 55 13	1 45 43	26 25 45		— 70	
Lager 28. Februar	(28 48 24)		26 41 22		35	
Sittrah-See Lager 1. März	28 42 40		27 4 23	7.5	— 20	
Lager 2. März	(28 41 47)		27 29 18		47	
„ 3. „	(28 36 21)		27 54 20		118	
„ 4. „	(28 30 30)		28 21 48		185	
„ 5. „	28 25 17		28 45 6		187	
Beharieh, Bauiti	28 21 12	1 55 47	28 56 45	6.7	113	Mudirswohnung 1874
Lager 8. März	(28 1 55)		28 43 37		122	
„ 9. „	27 44 27		28 35 4		203	
Ain-el-Uadi Lag. 10. März	27 23 29		28 19 40		26	
Farafrah	27 3 26	1 52 20	28 5 0	6.8	76	s. oben
Dachel	25 41 58	1 55 54	28 58 30	6.6	100	s. oben
Mut Lager 18. März	25 29 4		29 4 40		58	Haus von Hassan-Effendi
Lager bei Balad 19. März	25 32 57		29 25 0		103	
Tenidah	25 31 12	1 57 55	29 28 45		97	südwestl. Thor

Punkt	Breite	Länge von Greenwich		Magnet. Declination westlich	Höhe üb. dem Meer	Bemerkungen
		in Zeit	in Bogen			
					m	
Lager 20. März	25° 31′ 18″		29° 39′ 6″		255	
„ 21. „	25 36 17		30 1 4	6°5	543	
„ 22. „	25 36 40		30 19 4		219	
Chargeh	25 26 26	2ʰ 2ᵐ 41ˢ	30 40 15	6.4	68	nordöstl. Ecke der Stadt
Lager 26. März	25 18 44		30 49 55		78	
„ 27. „	25 17 37	2 4 35	31 8 45	6.3	394	
„ 28. „	25 18 53		31 31 46	6.0	452	
„ 29. „	25 22 31		31 53 41	6.1	455	
„ 30. „	25 30 12		32 15 13		318	
Esneh	25 18 13	2 10 16	32 34 0	6.0	93	khedivisch. Sommerpalast im Norden der Stadt, Nilufer

Vergleichung der geographischen Resultate mit älteren Angaben.

Zur Vergleichung der Breiten sind zwei Punkte der Description de l'Egypte und mehrere Cailliaud'sche Punkte vorhanden, welche aber fast alle mit den unsrigen nicht ganz identisch sind.

In Farafrah besteht eine unbedeutende Verschiedenheit der Beobachtungspunkte, Cailliaud lagerte 300 Schritte südlich vom Dorf (I S. 200), also etwa 7″ südlich von meinem Standpunkt, er fand 27° 2′ 59″ also mit der genannten Reduction 27° 3′ 6″.

In Beharieh sind die Breiten nicht vergleichbar, Cailliaud gibt für Sabu 28° 21′ 47″ und für die Ruine Uxor bei Häss 28° 0′ 32″, beide Punkte habe ich nicht besucht.

In Siuah scheinen die Punkte, auf welche sich die Positionsangaben beziehen, identisch zu sein.

In Dachel lässt sich die Reduction ganz genau ausführen. Cailliaud lagerte 923 Meter = 2: westlich und 563 Meter = 18″ südlich von unserem Haus (vgl. S. 74). Cailliaud fand 25° 41′ 32″ oder auf unser Haus bezogen 25° 41′ 50″.

In Chargeh fand Cailliaud für den Tempel 25° 28′ 29″ und ich für die nordöstliche Ecke der Stadt 25° 26′ 26″. Nach Schweinfurths Aufnahme liegt der Tempel 4.4 Kilometer = 2′ 23″ nördlich von dem genannten Punkte der Stadt, also ist Cailliaud's Breite auf denselben reducirt = 25° 26′ 6″.

In Esneh kann die Breite der Description, welche sich auf den Tempel bezieht zugezogen werden, nämlich 25° 17′ 38″ (S. 5). Nach dem Plan von Esneh in der Description Vol. I Pl. 1. kann die

Entfernung des Tempels vom Nordende der Stadt = 700 Meter angenommen werden, entsprechend einer Breitenreduction von 23″.

Endlich kann noch das Kloster Maragh verglichen werden, dessen Lage zwar früher nicht astronomisch bestimmt war, welche aber gegen Siut durch die topographische Aufnahme der französischen Expedition bestimmt ist. Der topographische Atlas gibt hiefür die Breite 27° 23′ 0″. Wir erhalten hiernach folgende Vergleichung:

Punkt	Geographische Breite ältere Bestimmung	Geographische Breite neue Bestimmung	Differenz
Hamrah bei Siut	27° 11′ 0″	27° 11′ 0″	0″
Maragh	27 23 0	27 22 56	— 4
Farafrah zwischen Dorf u. Palmengarten	27 3 6	27 3 26	+ 20
Siuah, Caravanenhof	29 12 19	29 12 0	— 19
Gassr-Dachel nordwestl. Ecke	25 41 50	25 41 58	+ 8
El-Chargeh nordöstl. Ecke	25 26 6	25 26 26	+ 20
Esneh Nordende der Stadt	27 17 51	25 18 13	+ 22

Die Uebereinstimmung ist durchaus befriedigend.

Die Vergleichung der geographischen Längen ist bereits auf S. 65 ausgeführt, sie kann noch ein wenig genauer gemacht werden durch die im Vorstehenden bei den Breiten angegebenen Reductionen der Beobachtungspunkte, doch wird dadurch das Resultat im Ganzen nicht geändert.

Ebenso ist auch die Vergleichung der Werthe der magnetischen Declination (S. 22) und die Vergleichung der Höhen (S. 198) schon erledigt.

Allgemeine geographische Ergebnisse der Expedition.

Als solche sind zu bezeichnen:

1. Entdeckung des grossen Sandmeers westlich von den Uah-Oasen, wodurch der bisher unerforschte Theil der libyschen Wüste um etwa 1000 Quadratmeilen vermindert worden ist. Es ist die Unmöglichkeit constatirt, von Farafrah oder Dachel aus direct westlich nach Kufrah vorzudringen, während es wahrscheinlich ist, dass südlich vom 25. Breitegrad ein Marsch nach Uadjanga oder überhaupt ins Innere von Afrika gelingen könnte.

2. Bestimmung der Höhenverhältnisse, insbesondere Feststellung der Ausdehnung der Depression von Siuah nach Süden und Osten.

3. Aufnahme der Oasengebirge. Obgleich die Hauptformen dieser Gebirge schon von Cailliaud richtig erkannt wurden, zeigten doch die besten deutschen Karten, z. B. die Petermann-Hassenstein'sche, ganz falsche Orographie, es fehlte z. B. der Ostrand von Farafrah, dagegen war Dachel mit einem Südrand, Chargeh mit einem Westrand versehen. Cailliaud hat nur eine sehr kleine Karte im Maassstab 1 : 5000000 mit ganz verschwommener Terrainzeichnung geliefert, welche den Ostrand von Farafrah zum Theil, nämlich bis 27° 10′, angibt, auch der früher vermuthete Südrand von Dachel ist nicht von Cailliaud verschuldet. Doch war es für Jeden, der die Oertlichkeiten nicht gesehen hatte, unmöglich, sich nach Cailliaud's Karte eine bestimmte Vorstellung von der Bodengestaltung der libyschen

Wüste zu bilden. Hiernach ist die ganze mit besonderer Sorgfalt behandelte Orographie unserer Karte als neu zu betrachten.

Hiezu gehört noch:

4. Constatirung der Nichtexistenz eines Bahr-bela-ma zwischen dem Nil und den libyschen Oasen und Constatirung, dass die wirklich existirenden Senkungen, welche den Namen Bahr-bela-ma führen, rein örtliche Bodengebilde sind, welche mit dem Nil niemals in dem früher vermutheten Zusammenhang gestanden haben. (Vgl. hierüber die weiteren Ausführungen in den folgenden Bänden dieses Werkes.)

Zu unseren Karten geben wir noch mehrere besondere Erläuterungen.

Das Plateau zwischen Siut und Farafrah, ebenso wie dasjenige zwischen Chargeh und Esneh bietet nur geologisches Interesse.

Auf der in vielen Beziehungen interessanten Strasse zwischen Siuah und Beharieh fällt auf, dass die zwei wichtigsten Objecte, nämlich die unbewohnte Oase unter 28° 55′ Breite und der schöne Salzsee unter 28° 43′ Breite bei Cailliaud und auf unserer Karte verschiedene Namen haben. Die unbewohnte Oase heisst bei Cailliaud El-Arây Abou-el-Bahreyn (Band I, S. 134 und Band IV S. 136), dagegen auf unserer Karte nach Rohlfs Aradj; der Salzsee heisst nach Cailliaud ebenfalls el-Bahreyn (I, S. 138 und IV, S. 138), dagegen nach Rohlfs Sittrah. Die Identität der Objecte wird sowohl durch die geographischen Breiten bestätigt, als auch durch Neuconstruction des Itinerars. Es ist jedoch zu bemerken, dass die geographische Breite des See's auf S. 138 von Band I von Cailliaud aus Versehen = 26° 44′ angegeben ist; auf S. 138 von Band IV entnimmt man dagegen aus dem Itinerar, dass die Breite des See's zwischen 28° 46′ 19″ und 28° 41′ 55″ liegt. (Ich selbst fand aus Polarsternhöhen die Breite 28° 42′ 40″ am Südrand.)

Nach Mittheilung unseres Führers soll südwestlich von dem Sittrah-See ein zweiter See mit Palmen sein, Namens Bahrehn, und in der angegebenen Richtung sahen wir am 28. Februar Vegetation; der dabei befindliche Berg ist gut festgelegt (vgl. S. 203).

Herr Hofrath Rohlfs bemerkt, dass Bahrehn (oder das Cailliaud'sche Bahreyn) auf Deutsch „Zwei Seen'n" heisst, denn es ist ehn die auch z. B. im Lagerplatz Rhartehn vom 26. Februar vorkommende Dualis-Endung.

Wenn an der von dem Führer angegebenen Stelle ein zweiter See ist, so wäre der Name Bahrehn auf die ganze Gegend zu beziehen.

Cailliaud erwähnt zwei Bahr-bela-ma, sein zweites ist mit dem jetzt eingezeichneten identisch, sein erstes dagegen heisst auf der neuen Karte Hauid, ein Name, der auch bei Pacho vorkommt.

Cailliaud hat, wie eine Neuconstruction seines Itinerars ergeben hat, vom Pacho-Gebirge bis zum Bahr-bela-ma genau denselben Weg verfolgt, wie wir, dagegen ging er von Siuah zuerst nordöstlich an der Gebirgsecke Muley-Yus vorbei (an der er auch von Garah her hereingekommen war) um dann wieder südöstlich gegen Aradj hinzuziehen, sodann zog er vom Bahr-bela-ma an auf einem kürzeren südlichen Weg direct nach dem westlich auslaufenden Thal von Beharieh. Auch der ganze Weg von Beharieh über Farafrah nach Dachel ist gemeinschaftlich. Cailliaud zog durch dieselbe Dünenstrasse zwischen Farafrah und Dachel, wie wir, er berührte ebenso die Hügel Sugag und Mor Guss, welch letzteren er

aber Somat nennt (vgl. S. 206). Auf dem Weitermarsch von Dachel liess Cailliaud Mut unberührt, hielt aber im Uebrigen ebenfalls unseren Weg bis Chargeh ein, von wo er nach Siut ging.

Am meisten wird bei der Vergleichung der neuen und der früheren Karte auffallen, dass das früher vermuthete Gebirge zwischen Dachel und Chargeh zu einem schwachen Ausläufer zusammengeschrumpft ist. Die eingezeichnete Form wurde geliefert durch Visuren mit der Theodolitbussole von Balad, Tenidah und Nadura bei Chargeh aus; dabei zeigte sich stets das Gebirge durch einen deutlichen Absturz gegen die Ebene begrenzt.

Auf den Hügeln bei Gjennah und auf dem Lagerplatz vom 26. März war theils wegen trüber Luft, theils wegen vorliegender Hügel im Westen kein Gebirge mit dem Fernrohr zu finden und leider war am 27. März oben auf dem östlichen Rand von Chargeh, wo das Gebirge sich nochmals hätte zeigen müssen, alle Aussicht durch einen Samum genommen. Trotzdem ist zweifellos, dass das Vorgebirge sich nicht weiter nach Süden erstreckt, als die Karte angibt.

Schweinfurth konnte bei seiner Aufnahme von Chargeh das Vorgebirge südwestlich vom Djebel-Taaref nicht mehr sehen, er macht westlich von El-Chargeh und Gjennah die Bemerkung: „Sehr allmählig ansteigendes Land“ und nordwestlich von Beris: „Allmählich ansteigendes Land ohne Hügel, im Westen sehr hoch“, wonach es fraglich wäre, ob von Beris bis Dachel durchaus Oasensenkung sich befindet.

Uebrigens spricht dafür folgende Erkundigung, welche Schweinfurth eingezogen und an dieser Stelle in seine Karte eingeschrieben hat:

„$1\frac{1}{2}$ Tagreisen in West von Beris sollen Leute von der Darfur-Carawane, indem sie den Weg verfehlten, eine kleine Oase entdeckt haben (1872). Leute aus Beris, welche auszogen, um sie zu finden, mussten unverrichteter Sache wieder zurückkehren. Diese Sonder-Oase soll Teiche voll wilder Gänse und Dattelpalmen der besten Art (Sukkoti), die sich von selbst befruchten, enthalten haben. Auch an Alterthümern (ein kleiner Tempel) soll es daselbst nicht fehlen.“

Dieses dürfte den Reisenden, der zuerst wieder die Oasen besucht, veranlassen, den Weg von Chargeh nach Dachel südlich zu wählen, wozu übrigens auch schon die neue Karte an und für sich einladet.

Die Depression von Siuah.

Es erübrigt noch, einige Worte über diese Depression, welche den ersten Anstoss zu unserer Expedition gegeben hat, zu sagen. Dass einzelne Theile der libyschen Wüste in der Gegend von Siuah unter dem Meeresspiegel liegen, ist nicht zu bezweifeln, jedenfalls wäre es jetzt angezeigt, die Kosten eines Nivellements aufzuwenden, wenn ein besonderes Interesse sich an diese Depression knüpfte. Allein dieses ist nicht der Fall. Das vor etwa einem Jahrzehnt aufgetauchte Project, das Meer in die Depression zu leiten, hätte keinen Sinn, seitdem gefunden ist, dass die Wüste südlich von der Depression sofort wieder ansteigt, und dass die ganze Depression sehr klein ist; das Einleiten des Meeres würde nur Salz-

sümpfe und Salzlager erzeugen, worauf schon im Jahr 1872 Professor Zenker aufmerksam gemacht hat (Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, VII. Band S. 214). Eine andere Frage wäre die, ob nicht eine Abzweigung des Nils in die Wüste geleitet werden könnte, nicht bis Siuah, denn das wäre jedenfalls viel zu weit, allein, dass mit Hülfe des Nilwassers Oasen geschaffen werden können, das haben schon die alten Egypter durch die Bewässerung des Fayums mittelst des Josephs-Canals und des Mörissees bewiesen. Nach Kremer*) füllen sich die Natronseen der Makariuswüste bei Terraneh bei hohem Nilwasserstand durch Nilwasser, es wäre daher die Frage aufzuwerfen, ob man nicht durch Verbreiterung des Josephs-Canals so viel Wasser in der nöthigen Höhe bis in die Gegend der Pyramiden führen könnte, dass von dort aus durch Canäle Oasen in der Gegend der Natronseen geschaffen werden könnten. Da der Nil, nachdem er auf seinem Laufe durch Egypten das ganze organische Leben dieses Landes unterhalten hat, immer noch, sogar in der trockenen Zeit, etwa zwei mal so viel Wasser als der Rhein nutzlos ins Meer abfliessen lässt, wäre ein zweites Unternehmen ähnlich dem des 4000 Jahre alten Josephs-Canals und Mörissees näherer Betrachtung werth.

Die Höhenverhältnisse des von der Expedition durchzogenen Theils der libyschen Wüste sind mit der unter den gegebenen Umständen erreichbaren Genauigkeit ermittelt. Es existirt noch verschiedenes hypsometrisches Material von benachbarten Gebieten, das noch nicht genügend verwerthet ist, nämlich Cailliaud's Barometerbeobachtungen von Fayum bis Siuah und von Chargeh bis Siut; dann aus neuerer Zeit Beurmann's Kochthermometer- und Aneroidbestimmungen von 1862 zwischen Bengasi und Djalo mit Fortsetzung nach Mursuk, Rohlfs Aneroidbestimmungen von 1869—1870 von Bengasi über Djalo nach Siuah und Alexandrien, wodurch er die westliche Fortsetzung der Depression von Siuah entdeckte. Gegenwärtig reist Professor Ascherson von Fayum nach Beharieh und von da zurück an den Nil und macht dabei Aneroidbeobachtungen. Die Verarbeitung all dieses Materials zu einer Höhenkarte war für vorliegendes Werk beabsichtigt, ist jedoch als zu weitgreifend vorerst noch unterblieben.

*) Egypten. Leipzig, 1863, I, S. 8.

Carlsruhe, Druck der G. Braun'schen Hofbuchdruckerei.

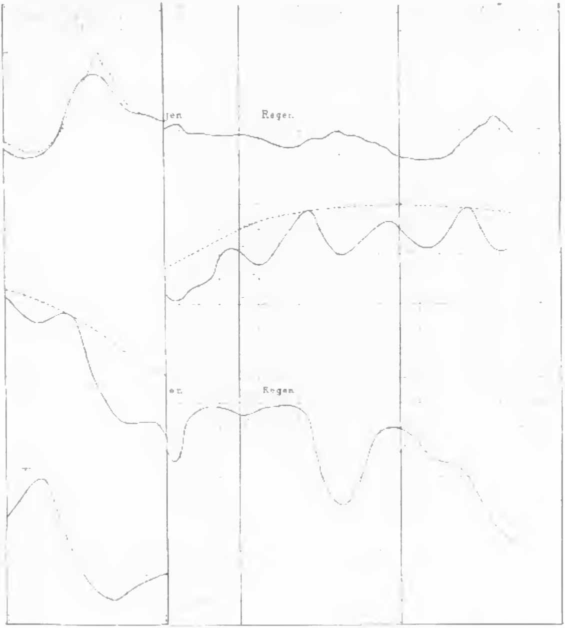
Plan von Gassr-Dachel und Umgebung.

photogrammetrisch aufgenommen am 11. Jan. 1874.

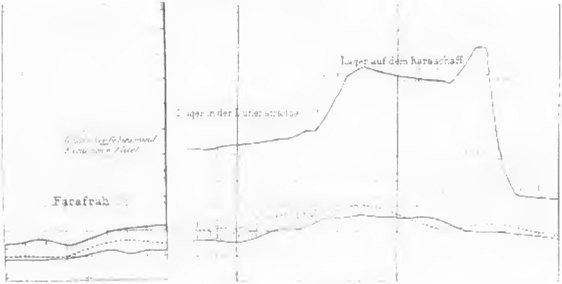
Taf. II.

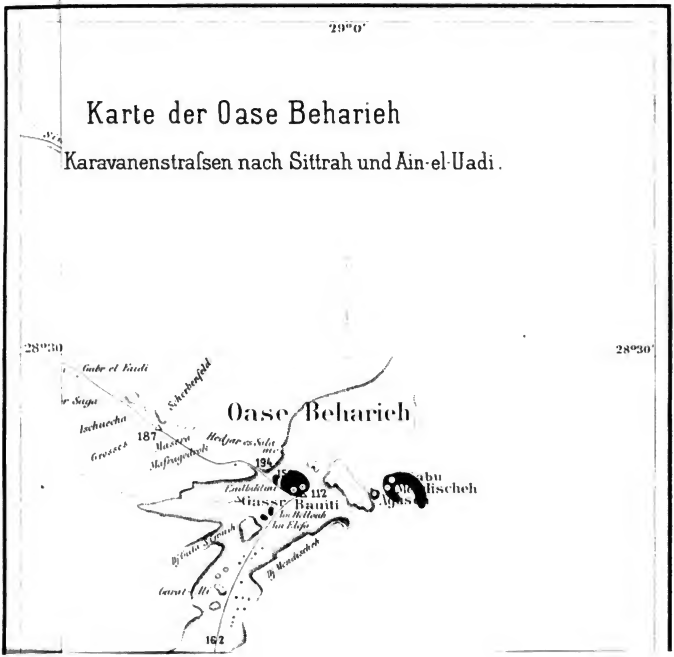


Graphische Darstell Breite 25° 11' N. Höhe über dem Meer 450 Meter 29 Jan - 5 Febr 1874



31 Dec 1873 - 15 Jan 1874




29°0'
Karte der Oase Beharieh
Karavanenstrafsen nach Sittrah und Ain-el-Uadi.
28°30'
28°30'
Oase Beharieh
Scheherfeld
187
194
112
Kassr Bauiti
162